técnica

419

associação dos estudantes do instituto superior técnico

janeiro 1973

revista de engenharia

HELIAÇO

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

MEXIA HEITOR E BRASÃO FARINHA

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

TÉCNICA
revista da associação dos estudantes do Instituto Superior Técnico
LISBOA

CIMENTO SECIL

SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telefs. 228824/5

Escritório:

Av. Conselheiro Fernando de Sousa, 19, 18.º piso

LISBOA 1 Telef. 65 54 31

PERFIS ESPECIAIS

Elementos em betão pré-esforçado para diversas aplicações. Coberturas, estruturas ligeiras, pontões, vigas caleiras, esteios, etc.

A mais vasta gama em pré-fabricados de betão.

Pavimentos, coberturas, asnas, perfis especiais, «post-esforço Losinger», pontões, vigas de grande vão, pórticos «Crendon», pavimento «Trief», protecção de segurança «Trief», mosaicos, tubos, blocos «Leca», espaçadores de betão, estacas para vinhas e pomares e pré-fabricação total ou parcial.

Fábricas em: Lisboa, Leiria, Lagoa, Guarda, Moita, Luanda, Lourenço Marques

Sede: Av. Est. Unidos da América, 100-5o. Dto. – Lisboa-5
Telefones – Serviços Administrativos: 77 48 32 - 77 29 53
Serviços Técnicos: 71 41 16/7/8 - 71 93 31/2

técnica

NÚMERO 419 JANEIRO DE 1973 ANO XLVIII VOLUME XXXV PUBLICAÇÃO MENSAL

DIRECTOR
José Toscano

CHEFE DE REDACÇÃO
Francisco Pedroso

ADMINISTRADOR
José de Oliveira Paulo

SECRETÁRIO
José António Bonfim

REDACTORES
António José Diogo, Carlos Oliveira Costa, José Sá da Costa, José Simões, Maria João Loureiro da Costa, Maria Teresa Lemos, Rogério Pinto

CONSELHO REDACTORIAL
A. Ferreira dos Santos, A. Rocha Trindade, A. Romão Dias, Aquiles Gomes, Carlos Rosmaninho, Domingos Moura, F. Sousa Marques, H. Nunes Garcia, J. Borges da Silva, J. Brazão Farinha, J. P. Figanier, L. Aires - Barros, L. Borges Teixeira

DIRECÇÃO, REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO
Av. Rovisco Pais, I. S. T. — Lisboa
Telefone 73 15 49

PROPRIETÁRIO
A. E. I. S. T.

★

ASSINATURAS:	5 n.os	10 n.os
Continente e Ilhas	95$00	180$.
Ultramar, Brasil Espanha	100$00	190$.
Estrangeiro	—	200$.
Número avulso ...	—	25$.

Não se publica em Agosto e Setembro

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos autores.

★

COMPOSIÇÃO E IMPRESSÃO NA
MOVIGRÁFICA
Rua do Espírito Santo, 19 - A Odivelas

SUMÁRIO

159 — ARMANDO NUNES PIRES CAMEIRA — *Alguns conceitos básicos relativos à problemática dos transportes* (*).
Several basic concepts on transportation engineering.

165 — OLIVÉRIO DELFIM DIAS SOARES — *Considerações sobre a indutância duma máquina de corrente contínua.*
Some considerations on the indutance of a direct current machine.

171 — JOSÉ A. C. SARAIVA MENDES — *Medidas de atenuação a 11 GHz em ambiente chuvoso.*
Attennuation measurements at 11 GHz under rain conditions.

181 — D. F. G. DURÃO — *Investigações experimentais em jactos coaxiais.*
Experimental investigations of co-axial jets.

191 — JAIME M. COSTA OLIVEIRA e CARLOS A. MORAIS DA VEIGA — *Determinação experimental da função de transferência do RPI à potência zero.*
Zero power transfer function measurement of the portuguese research reactor (RPI).

201 — LUÍS MANUEL BRAGA DA COSTA CAMPOS — *Alguns problemas de simetria esférica no contorno (fronteira) em regime permanente num meio anisotérmico e elástico.*
Some spherical-simetry boundary-value problems in steady-state anisothermal elastic medium.

211 — F. PRISTA CAETANO — *Função aprovisionamento — Gestão de stocks.*
Importance of the function supply — Management of stocks.

BIBLIOGRAFIA

CAPA — Protótipo do satélite de investigação HEOS - A2 dos laboratórios electromagnéticos Messerschmitt - Bölkow - Blohm. Foi o 5.º satélite científico projectado pela European Space Research Organisation.

INDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

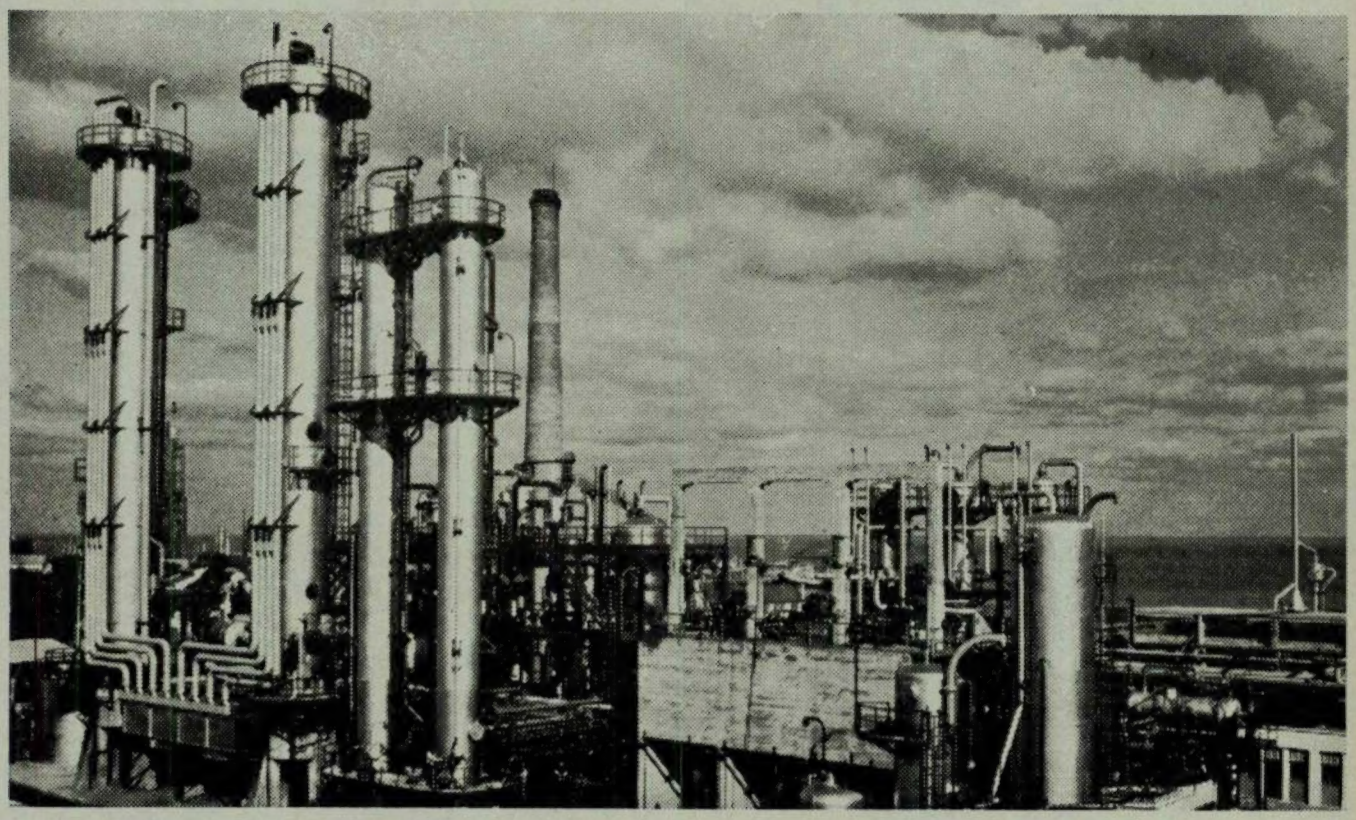
	Pág.
Aguiar & Melo, Lda	XXI
Argilex	XXII
Cimento Secil	2.ª da capa
COBA	XIX
Companhia de Cimentos Brancos	VI
Construções Técnicas	XVII
Construções Schréder	XV
EFACEC	XII
Eficex Kienzle	IV
Electro-Arco, Lda.	XXII
Empresa de Cimentos de Leiria	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XVI
Fanafel	XVI
Fundações Franki, Lda.	I
Guedes & Almeida, Lda.	IV
Harker Sumner	XX
Heliaço	2.ª da capa
Johann Keller	VI
J. F. Azevedo e Silva	VII
J. Roma	XIV
Jomatel	II
Lecabetão	II
Livros Técnicos	V
MAGUE	XIII
Mendes de Almeida	XIV
Novobra, Lda.	2.ª da capa
Plessey Automática Eléctrica	XIV
SEPSA	
Sociedade Portuguesa Cavan	XIV
S. K. F. Lda.	XVIII
Sondagens e Fundações A. Cavaco	V
Sondagens Ródio, Lda.	VIII
Sopecate	VIII
Standard Eléctrica	IX
TUDOR	4.ª da capa
Wild Portugal, Lda.	III

Colaboraram neste número as seguintes Agências de Publicidade:

P. G. SEELOW & ASSOCIADOS, LDA., PUBLIMPAR, SÉRIO, ESTÚDIO TÉCNICO DE PUBLICIDADE

espiral

na base da construção moderna: estacas FRANKI, moldadas no solo.



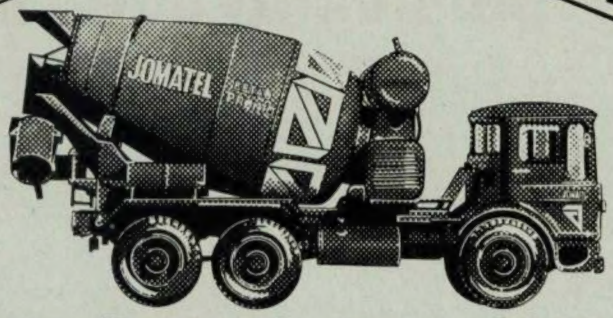
A elevada gama de diâmetros das estacas Franki permite a melhor adaptação a cada problema concreto de fundações, desde a construção mais ligeira até à de grande concentração de cargas muito elevadas. Material permanentemente actualizado e pessoal com especialização constantemente aprofundada garantem a segurança, rapidez e economia das fundações executadas.

FRANKI

Consulte-nos: FUNDAÇÕES FRANKI, LDA. — PORTUGAL

NO VÉRTICE DA MODERNA CONSTRUÇÃO CIVIL

JOMATEL JOMATEL



Betão Pronto de alta qualidade

Auto-bombas de grande rendimento e alta capacidade elevatória
Betões de dosagem e de resistência * Betões ligeiros com Leca
Pontualidade nos fornecimentos

JOMATEL

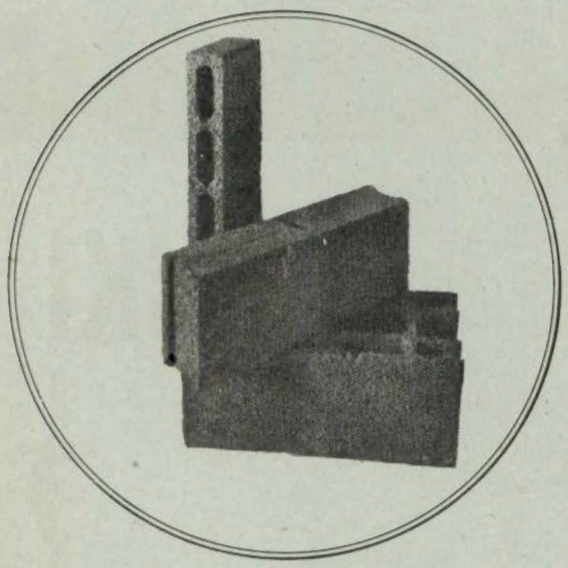
EMPRESA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, S.A.R.L.

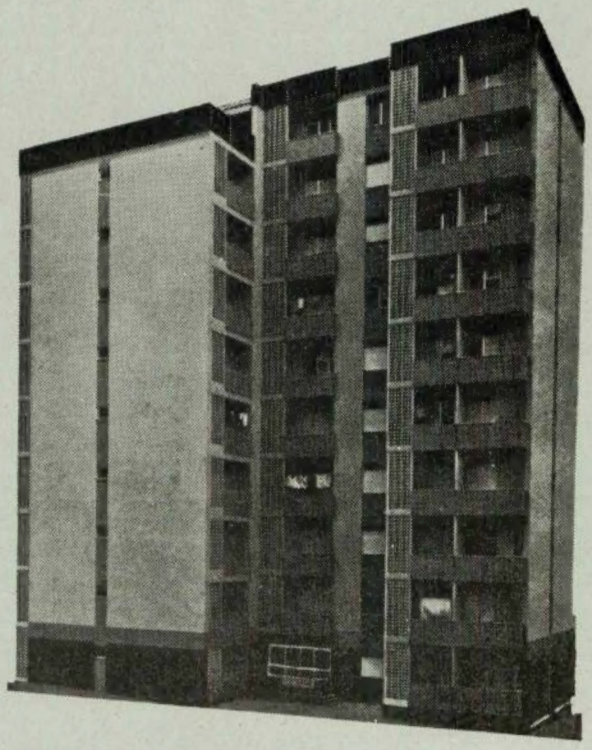
Telef. 385104/27

ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

JÁ TESTADOS PELA EXPERIÊNCIA

EM PORTUGAL

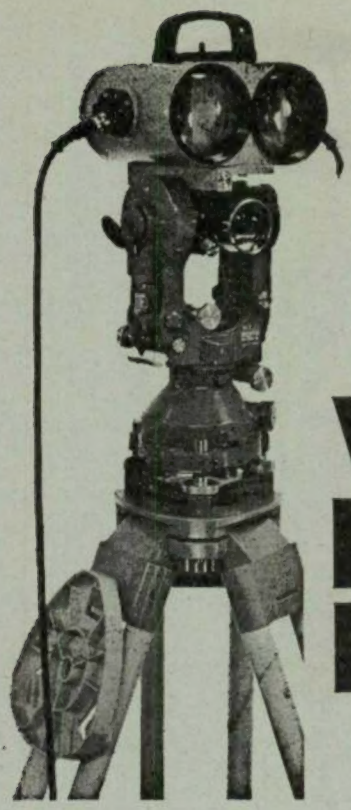




Lecabetão

PRÉ-FABRICADOS COM ARGILA EXPANDIDA, S.A.R.L.

LEIRIA LISBOA TEL 537748 SANTAREM



Agora

para distâncias

até 2000 m

WILD DISTOMAT DI 10

O mais recente modelo do único aparelho de medição de distâncias, por infra-vermelhos, em serviço desde 3 anos, permite alcance até 2000 m e é adaptável aos teodolitos WILD T1A, T16 e T2.

Esta combinação é a ideal para poligonações, levantamentos por radiação e para implantações.

Economiza	**tempo, trabalho, dinheiro**
Aumenta	**precisão, rendimento, lucro**
Aprovado	**desde 3 anos em toda a parte do mundo**
Garantido	**pelos nossos serviços técnicos**

WILD
HEERBRUGG

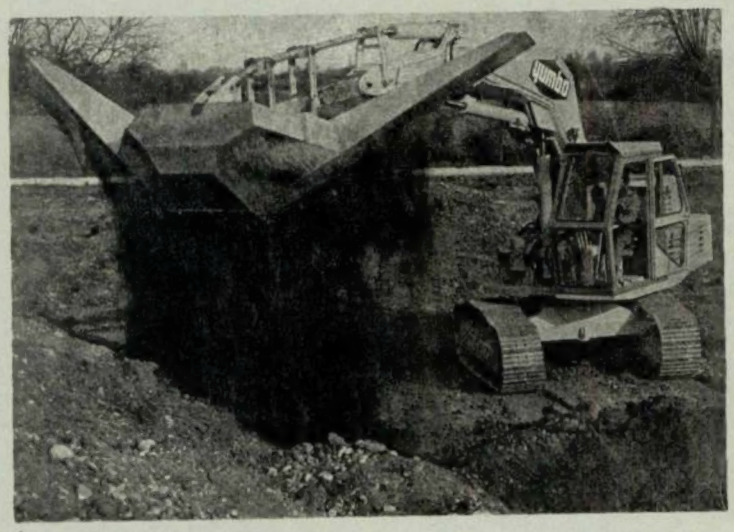
Solicitem prospecto detalhado ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8 * TEL. 68 91 12 * LISBOA-2

ESCAVADORAS HIDRÁULICAS
S/RODAS — S/LAGARTAS

— ENTREGAS IMEDIATAS



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDAL - Guedes & Almeida, Lda.

R. ÁUREA, 181-2.° • LISBOA-2 • TEL. 32 50 80

R. ALFREDO CUNHA, 538 • MATOSINHOS • TEL. 93 45 62

CALCULAR...

...instantâneamente, silenciosamente, com economia e segurança.

...programa de calculadores electrónicos de CASIO COMPUTER, Co. LTD TÓKYO-JAPÃO

...diversos modelos com as mais evoluidas características para toda a espécie de cálculos.

Demonstrações sem compromisso

- 12 Modelos diferentes.
- 1 Programável.

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

EFICEX KIENZLE LISBOA: Av. João XXI, 4A-tels 727028-727019

DISTRIBUIDORES NO NORTE:

HORBE, LDA PORTO: Rua Faria Guimarães, 105 - tel. 4 33 46

Dimensionamento de Secções de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples de secções rectangulares simplesmente armadas
— Flexão simples de secções rectangulares duplamente armadas
a) com armadura de compressão reduzida
b) com armadura de tracção reduzida
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Flexão simples de secções T duplamente armadas
— Compressão simples
— Flexão composta de secções rectangulares
a) com armadura simétrica
b) com armadura de tracção reduzida
c) com armadura de compressão reduzida
— Flexão composta desviada de secções rectangulares
— Flexão composta de secções em T
a) com armadura de tracção reduzida
b) comarmadura de compressão reduzida
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas
— Esforço transverso

Preço 150$00

Dimensionamento de Secções Circulares de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

— Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
— Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas

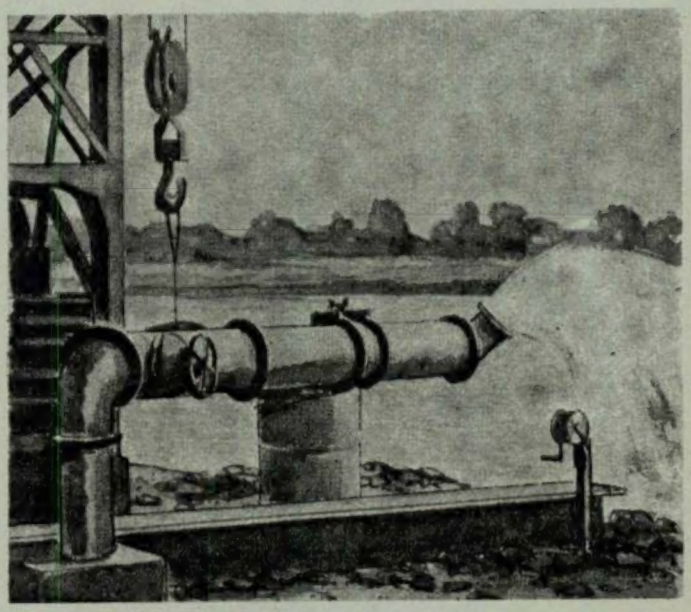
Preço 60$00

Por J. M. MADEIRA COSTA

ENG.º CIVIL

À venda na TÉCNICA e nas LIVRARIAS

Água: eis o que lhe oferecemos!



- Pesquisas e captações de água
- Estudos hidrogeológicos
- Sondagens e Fundações
- Rebaixamento de níveis aquíferos

ACAVACO

R. Rodrigo da Fonseca, 62, r. c-Esq. - Lisboa-1
Tel. 56 11 71/2/3/4

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 32 73 77 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. António Feliciano de Castilho, 1126 — Telef. 97 09 32 — Areosa — Porto

TOPOGRAFIA GERAL

2.° Volume

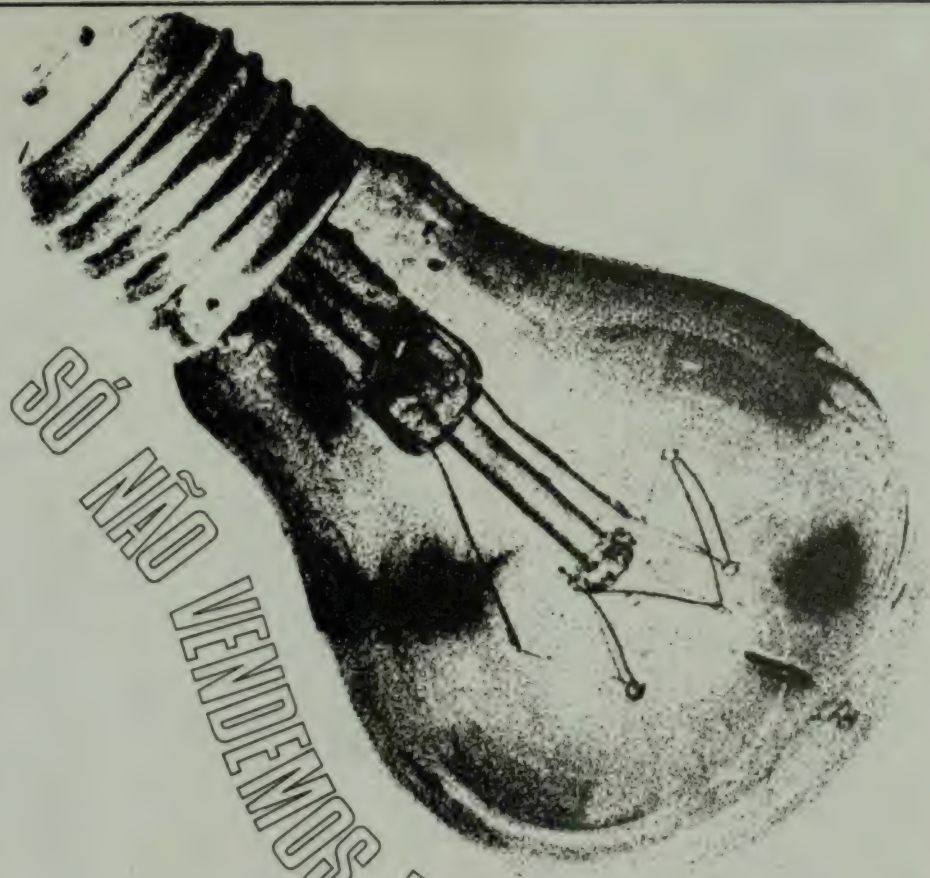
Pelo Eng.° A. C. XEREZ

Preço 180$00

Descontos: 10% aos assinantes

Pedidos à Técnica

RUBLIMPAR



SÓ NÃO VENDEMOS ELECTRICIDADE. MAS...

...SOBRE ELECTRICIDADE FAZEMOS TUDO!

projectamos e executamos instalações eléctricas – Ar condicionado – Aquecimento.

fabricamos Armaduras de iluminação – Convectores – Quadros de AT e BT – Postos de transformação monoblocos – Seccionadores de AT – Antenas colectivas de Rádio e TV.

representamos e distribuímos Vasta gama de material eléctrico.

e em electrónica... concebemos e fabricamos Dispositivos electrónicos desde amplificadores de alta frequência a orgãos de luzes.

JF

J.F. DE AZEVEDO E SILVA & Cª Lda

Trv. Fábrica dos Pentes, 8 * Tel. 654165 * Lisboa

fundações
sondagens

Sopecate

especialista há ‡1/4‡ de século

rua do arsenal 146-2º tlf 34010 • Lisboa

SONDAGENS RODIO, LD.

R. S. Bento, 644 - 3º
LISBOA

PORTO
LUANDA
BEIRA

TELEFONE: 68 80 96

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ESTACAS
PAREDES CONTÍNUAS
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS

GUIA DE ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS

(Potáveis, Minerais e para a Indústria)

POR A. HERCULANO DE CARVALHO
Prof. do I. S. T. e do Instituto de Hidrologia de Lisboa

Preço 90$00

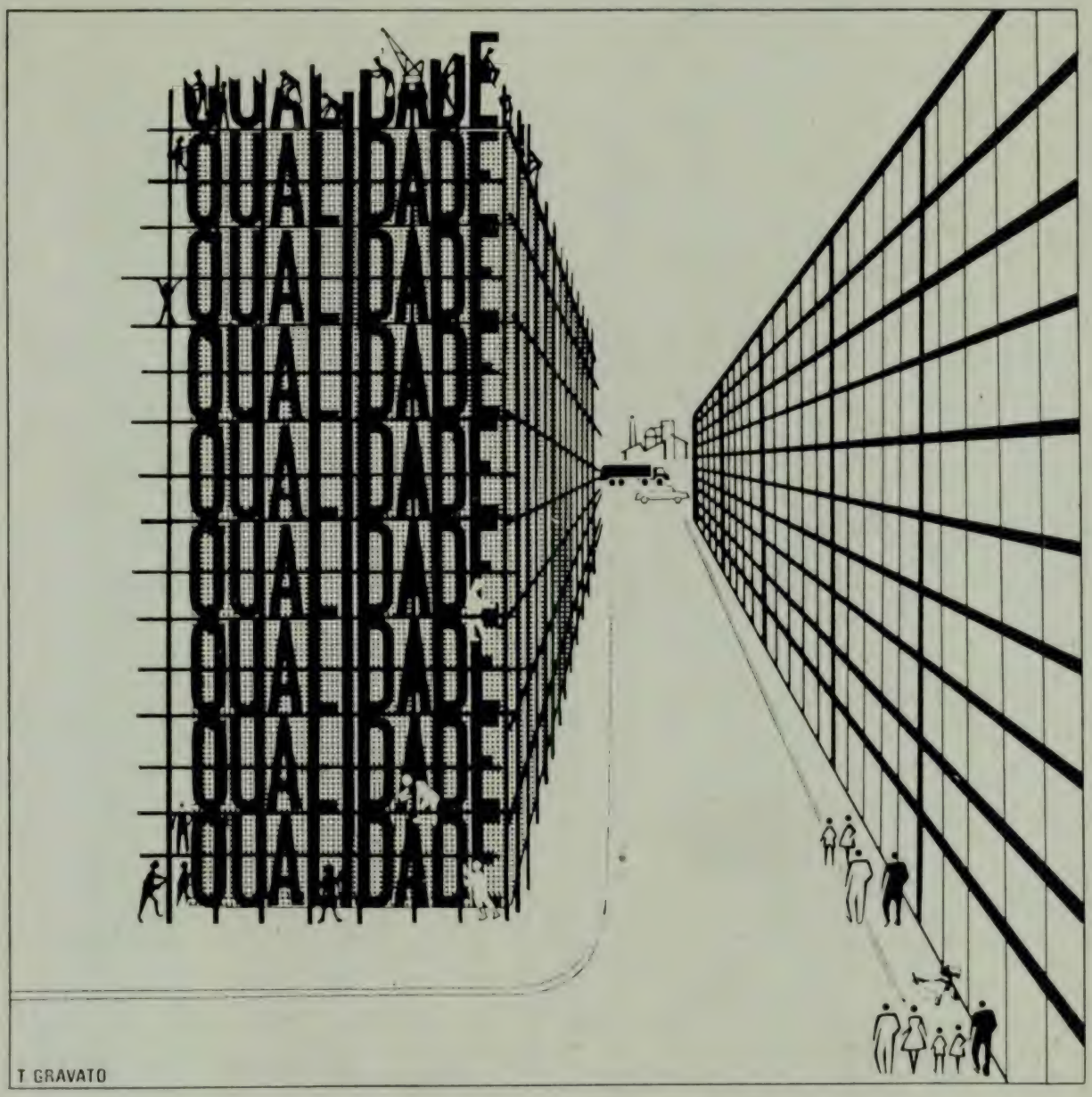
CÁLCULO DE PÓRTICOS

Método de cálculo simples e rápido, entrando em linha de conta com o deslocamento dos nós

por G. Kani

Preço 50$00

Pedidos à «Técnica» *Desconto 10 % aos assinantes*



O PRESTÍGIO CONSTROI-SE COM QUALIDADE

Não ... não nos dedicamos à construção civil ...
Somos a maior empresa portuguesa dedicada ao fabrico de material de telecomunicação e de electrónica.

A nossa gama de produtos é variadíssima: desde os minúsculos circuitos integrados e transistores até à mais complexa das centrais telefónicas para uso público.

Sim! Todos estes produtos têm algo de comum: — a qualidade, base do prestígio do nosso nome.

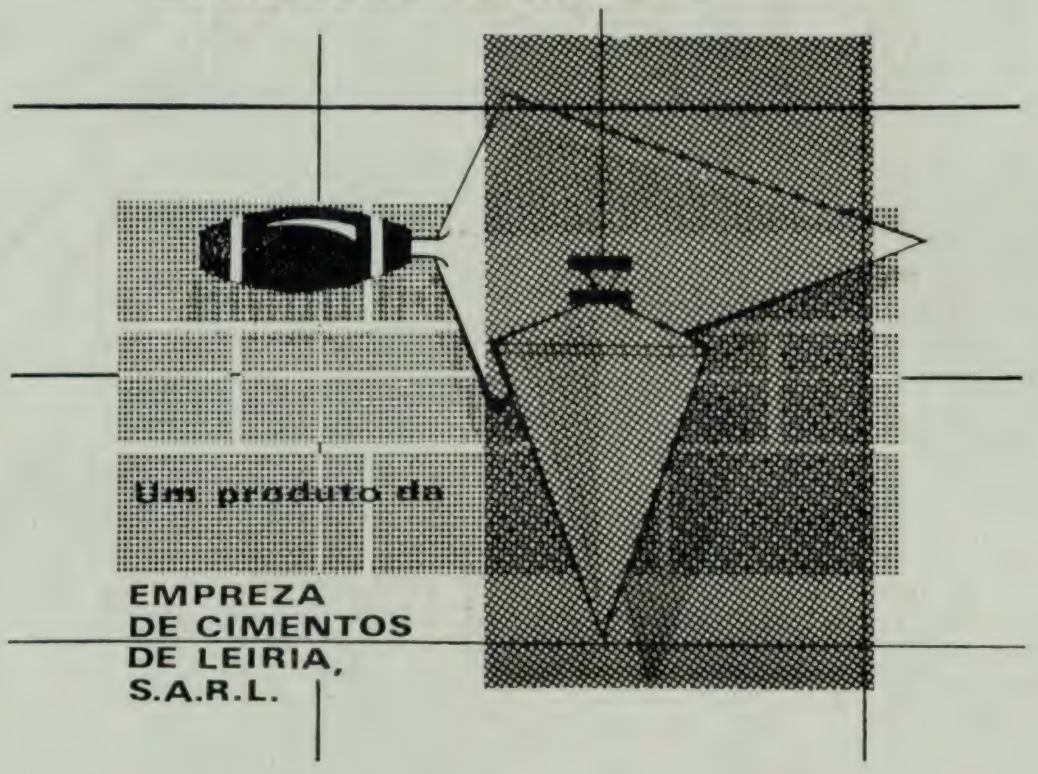
Standard Eléctrica **ITT**

CONTRA A HUMIDADE

CIMENTO

LIZ-N

HIDROFUGADO



COM UM SORRISO...

...utilize os 4 sistemas diferentes do contador electrónico

HEWLETT hp PACKARD

5300 A

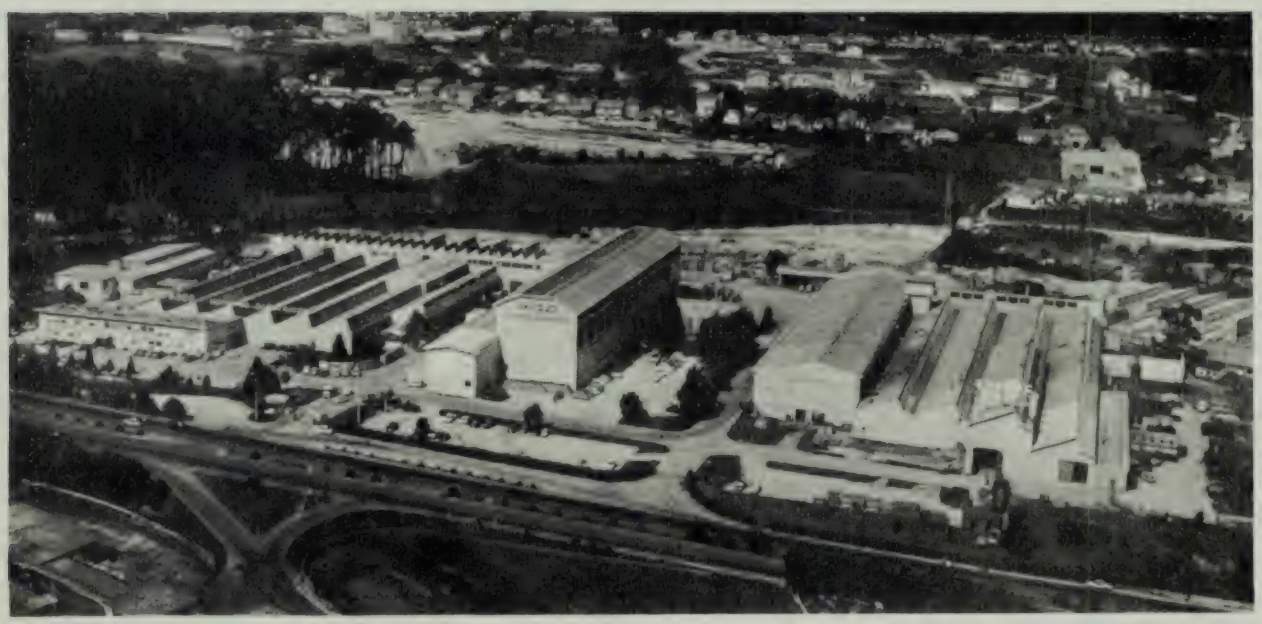
- aparelho portátil
- concepção moderna
- custo moderado

TELECTRA

R. RODRIGO DA FONSECA, 103 · LISBOA · TEL. 686072

EFACEC

A maior organização do país no ramo electrotécnico



Instalações fabris em Leça do Bailio

técnica

NÚMERO 419 JANEIRO DE 1973 ANO XLVIII VOLUME XXXV PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 656.01

ALGUNS CONCEITOS BÁSICOS RELATIVOS À PROBLEMÁTICA DOS TRANSPORTES (*)

ARMANDO NUNES PIRES CAMEIRA
(Eng.º Civil I. S. T.)
Assistente do I. S. T.

RESUMO

O presente artigo contém alguns conceitos gerais sobre a engenharia de transportes. Constitui o texto de uma lição dada num curso de férias aos alunos de eng.ª civil, promovido pelo Departamento de Comunicações do I. S. T.

SYNOPSIS

This paper contains several and general concepts on transportation engineering. It was a lesson given during holyday's course at engineer's students, promoted by Departamento de Comunicações of I. S. T.

1 — NOÇÃO DE TRANSPORTE

Transporte, palavra derivada de transportar tem a sua etimologia no latim «transportare» que significa «levar de um lugar para outro». Isto traduz a latitude do seu significado. O transporte, no sentido genérico envolve, pois, o que está ligado à acção de transportar desde os meios, os bens e as pessoas até aos modos de as transportar. Elementarmente, o transporte de um ponto do espaço para outro, liga às coordenadas do triedro espacial a quarta que inclue o tempo desde o instante t_0 a t_1, fig. 1.

FIG. 1

É hoje muito usual o tratamento dos problemas por fluxos (líquidos, magnéticos eléctricos, em especial). Pois, no transporte, estudam-se fluxos de tráfego. Há mesmo nos países mais evoluídos um campo de engenharia chamado *de tráfego*.

A tecnologia dos transportes atingiu uma tal vastidão que não pode deixar de abordar o projecto das redes dos múltiplos *modos*, as suas instalações de exploração, os aspectos sócio-económicos dos países, regiões ou núcleos em causa e a distribuição da população, cujas leis dependem dos planos de urbanização. No domínio dos transportes, além da evolução das infra-estruturas que se observou nos últimos anos de uma forma notável, pode dizer-se que, a mais espectacular foi talvez a evolução tecnológica operada nos sistemas *ou modos* de transporte, como veremos.

Na verdade, há cerca de 10-15 anos, quem leu as fantásticas viagens de Júlio Verne ou apreciou filmes de ficção científica, ousaria acreditar no êxito dos projectos Apolo? Sem dúvida, isto representa um avanço inaudito, surpreendente, no domínio dos modos de transporte interespaciais e interplanetários, capítulo

(*) Texto da palestra proferida aos alunos do 4.º ano de Engenharia Civil em 29 de Março de 1971, incluída no ciclo da cadeira de Vias de Comunicação.

que mais tarde não pode deixar de ser incluído em qualquer tratado de transportes.

Consideram-se funções básicas enquadrantes dos transportes as seguintes: [1]

1.1 — Natureza e função no mundo moderno; evolução histórica dos modos sob o aspecto tecnológico,

1.2 — Factores caracterizantes do tráfego ou movimento e o seu custo,

1.3 — Estudos dos operadores que intervém na utilidade dos transportes:

1.3.1 — A capacidade de transporte,
1.3.2 — A sua velocidade e rapidez,
1.3.3 — A coordenação e os terminais,
1.3.4 — O controlo operacional.

1.4 — A formulação de bases de planeamento que permitam definir as necessidades do transporte e, para cada caso geral, o sistema ou modo mais vocacional. Este aspecto de «um dado modo adaptado ao fim» é muito importante, sobretudo, porque põe em jogo não só o factor económico, como a natureza do serviço que se pretende prestar à colectividade que deve ter como lemas:

— o menor custo e rotura,
— a maior comodidade e rapidez,
— a maior segurança e regularidade.

Isto sempre que se trate de serviço público.

2 — OS TRANSPORTES E O DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO DAS REGIÕES

O transporte está intimamente ligado ao desenvolvimento económico das regiões [2].

O melhoramento das redes de transportes, em especial das vias de comunicação, origina uma circulação mais fácil dos produtos de qualquer natureza, muitas vezes em regiões já servidas e que se consideravam de acesso difícil.

Esta influência recíproca avalia-se normalmente pela relação *custo-benefício* que tem mostrado ser a mais correcta, embora o factor mais característico do desenvolvimento económico seja o rendimento *per capita*. Uma via de comunicação aberta ou melhorada, introduz quase sempre, melhoria nos modos de transporte e produz um impacto das actividades comerciais e industriais que serve, em virtude de:

a) — facilitar o transporte,

b) — facilitando o acesso trazer economia,

c) — dar origem a valorizações secundárias, como: turismo, terrenos, fixação de novas indústrias e expansão urbana.

Há na realidade uma tendência para as grandes indústrias se fixarem próximo dos grandes centros de consumo desde que haja fácil acesso. Mas este fenómeno que algumas vezes origina a *concentração* produz noutras regiões o inverso, isto é, a *rarefação*. É a razão porque hoje, os planos regionais tendem a fixar *polos* de desenvolvimento industrial, a fim de evitar a fuga de capitais, mão-de-obra e, consequentemente, a retardar o seu desenvolvimento.

Nos grandes centros verifica-se em regra o seguinte, fig. 2:

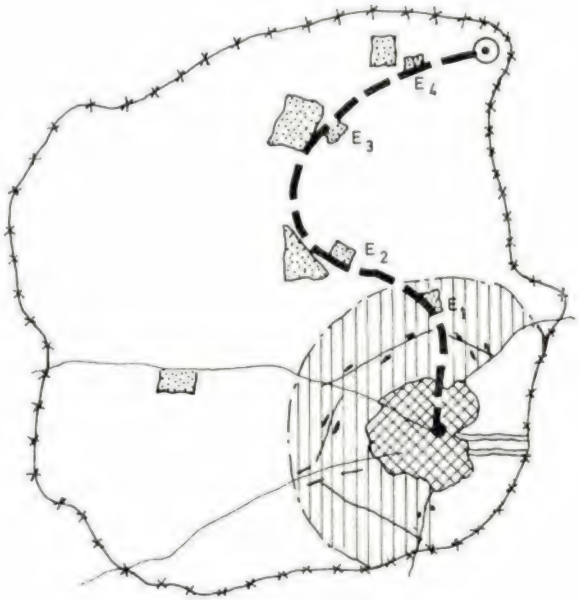


FIG. 2

NUCLEO PRINCIPAL
ZONA PERIFÉRICA
AGREGADOS SUBURBANOS
LINHA FÉRREA SUBURBANA
LIMITE DE REGIÃO DO NUCLEO

a) — aumento de urbanização periférica em torno do núcleo principal chamado centro.

b) — O centro passa a ocupar as actividades terciárias com elevação dos preços do imóvel e rendas — dando origem à expulsão do «habitat».

c) — O «habitat» afasta-se então do centro urbano gerando as *cidades satélites* servidas por transportes suburbanos de sensível rapidez e de grande capacidade e regularidade (caso dos caminhos de ferro suburbanos).

d) — Aumento das migrações diárias das populações casa-emprego e vice-versa chamado movimento *pendular* ou *alternante*.

e) — Observa-se o retorno do homem à natureza, procurando o «habitat» longe do centro urbano como repouso da agitação de vida nos grandes centros e fuga à poluição e aos ruídos, actualmente causa de grandes apreensões.

Os planos regionais mediante os citados polos de «fixação de indústrias» em regiões econòmicamente débeis, visam não só, aproveitar as matérias-primas existentes ou obtidas do sector primário e a sua transformação na própria região, com a nítida vantagem para a sua economia, como visam operar *um equilíbrio inter-regiões.*

Para acabar esta inter-relação entre a economia das regiões e o transporte, diremos a título histórico que, já nos tempos primitivos , o transporte se operava em circuitos que ligavam os principais centros, *de forma a permitir a troca de bens,* quase sempre processada em pontos nodais das vias de comunicação: cruzamentos, embocaduras de rios ou intersecção de vales.

3 — OS DIVERSOS MODOS DE TRANSPORTE [2]

O transporte caracteriza-se pela *velocidade, capacidade, segurança, acessibilidade* e *conforto.* Porém, entre todos foi a velocidade o que mais acentuadamente melhorou, graças à evolução tecnológica.

Em síntese, diremos que, relativamente aos transportes terrestres, enquanto em 1810 a velocidade em malaposta era de 16 km/h, em comboio atingiu-se em 1962, 330 km/h. Recentemente, o presidente dos caminhos de ferro japoneses anunciou para breve a circulação de comboios a velocidades de 400-500 km/h, cujos estudos e experiências estão já em fase muito adiantada (*). Mas a maior sensação no capítulo da velocidade foi-nos dada pelos transportes aéreos: mais de 40 000 km/h em satélites artificiais, a partir de 1962.

O processo mais usual para ordenar os diversos modos de transporte, baseia-se no meio físico em que se deslocam que pode ser aéreo, terrestre e aquífero.

Assim, tem-se:

Aéreo	Aviões Helicópteros (também designados «todo o terreno»)
Terrestre	Rodoviários Caminhos de Ferro e Monocarris Especiais
Aquífero	Marítimos Fluviais

Vejamos, sucintamente, as características principais e os domínios específicos de actuação de cada qual tentando estabelecer uma comparação relativa.

3.1 — TRANSPORTES AÉREOS

Gosam de todos os graus de liberdade exigindo terminais com equipamento de certa envergadura. A velocidade e a capacidade são diferentes dos restantes modos. Ainda que com valores progressivamente crescentes, a capacidade é ainda baixa, não obstante a construção de super-constelations. Velocidade muito elevada quando comparada com os ferroviários, marítimos e fluviais. Sendo o custo de transporte elevado têm pouca aplicação no serviço de mercadorias restringindo-se à mais valiosa, leve e pouco volumosa ou perecível. Têm vasta aplicação em países sub-desenvolvidos de grandes áreas, com rede de transportes terrestres e fluviais de fraca densidade para ligação dos grandes centros. Nos mais evoluídos servem como apoio complementar ao restantes *modos,* sempre que o utente prefira rapidez e possa pagar mais. Caracteriza-o além da rapidez, a comodidade e modernamente, dado o aperfeiçoamento técnico, a segurança, conforme provam as estatísticas.

Justifica-se em especial para distâncias superiores a 800 - 1000 km e sempre que a rede viária ou ferroviária não seja rápida, densa ou cómoda até àquele limite.

O helicóptero considerado um modo *todo o terreno* tem a vantagem de servir os locais mais inacessíveis; não requer terminais, mas tem o inconveniente de possuir baixa velocidade e capacidade.

3.2 — *TRANSPORTES TERRESTRES*

3.2.1 — Rodoviários

Desde os simples caminhos de terra batida que ligam pequenos povoados, os transportes rodoviários constituem na maioria dos países (desenvolvidos, e em vias de desenvolvimento) a rede mais densa de vias de comunicação terrestre.

São caminhos rurais, vicinais e estradas de diversas classes, categorias ou amplas e cómodas auto-estradas, autênticas vias de circulação rápida. Todas têm importância, muito especialmente nas comunicações inter-regionais e intra-regionais, permitindo a permuta de bens e o transporte «porta a porta» de pessoas a curta e média distância.

Não menos importante do que pode parecer (fig. 3) é a chamada «rede capilar» que permite a circulação dos veículos entre agregados regionais constituindo o elo de ligação da economia intra-regional e actuando como «irrigação de todo o tecido regional».

O transporte viário traduz-se por permitir com grande vantagem o serviço «porta a porta» o que o torna muito acessível. Os acidente orográficos oneram, porém, as vias de comunicação e, consequentemente, o custo do transporte devido à existência de rampas limites e de curvas de raio apertado. Apesar dos inconvenientes, as estradas apresentam a vantagem de permitir um investimento que se pode ajustar às exigências do tráfego mediante melhoramentos que se traduzem, em regra, pela correcção do traçado e do perfil e pelo alargamento das faixas de rodagem.

(*) Rail International, Fevrier 1971

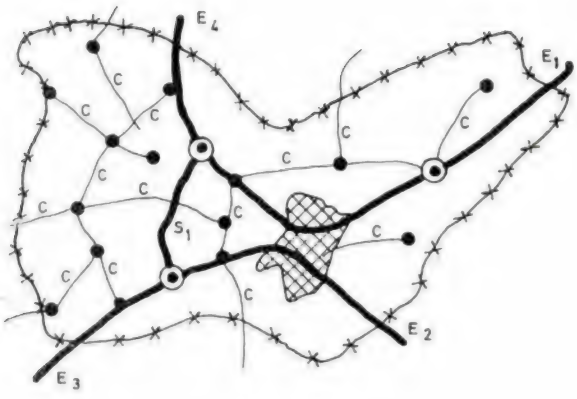


FIG. 3

NUCLEO PRINCIPAL

CENTROS IMPORTANTES

PEQUENOS AGREGADOS

VIAS PRINCIPAIS E_1, S

"REDE CAPILAR"—C

LIMITE DE REGIÃO

3.2.2. — Caminhos de Ferro

O Caminho de Ferro caracteriza-se por ser um transporte pesado e com sujeição de movimento visto ter um só grau de liberdade. A sua principal vantagem é a grande capacidade relativamente aos aéreos e rodoviários sendo susceptível de oferecer conforto, segurança e regularidade em virtude das circunstâncias em que se processa a sua circulação e dos benefícios tecnológicos atingidos nos últimos tempos à custa da cibernética, do automatismo e do telecomando.

O facto de não poder ser, como o rodoviário, um modo «porta a porta», obriga a transbordos o que exige terminais fixos devidamente equipados para a recepção de pasasgeiros e de mercadorias. Pode dizer-se que este inconveniente tem sido um dos principais responsáveis da perda de tráfego em benefício do transporte rodoviário, sobretudo de mercadorias. Na verdade, as estatísticas das redes de quase todo o mundo revelam uma redução de tráfego deste tipo o qual é desviado para a estrada.

Referiremos aqui que, em regra, as administrações ferroviárias de quase todos os países se debatem com saldos de exploração deficitários, originados por múltiplos factores, mas em que as fugas de tráfego e o serviço efectuado em moldes tradicionais, utilizando os processos, as infra-estruturas e o material circulante inusitado, se citam entre as principais causas. Por isso, se assiste actualmente a uma reconversão global com relevo especial para as infra-estruturas.

Para permitir uma exploração nestes moldes, os caminhos de ferro recebem subvenções que atingem mais de 30 % das receitas normais, mesmo nos países mais evoluídos como a França e a Grã-Bretanha.

A C. E. M. T. (Comissão Europeia dos Ministros dos Transportes) em reuniões efectuadas nos últimos anos, tem-se debruçado atentamente sobre o problema e no estado actual, os órgãos governamentais, independentemente de ideologias ou sistemas políticos, assentaram numa orientação que tende a estabelecer *medidas de igualização* no tratamento dos diversos *modos*, sobretudo no que se refere à *imputação dos encargos de infra-estrutura*, quer no relativo à reconversão ou renovação, quer quanto à manutenção.

Outras medidas embora mais delicadas encaradas por alguns países (Grã-Bretanha e Alemanha Federal) referem-se ao encerramento de estações e de linhas deficitárias, substituindo o caminho de ferro pela rodovia, em especial à média distância e onde a capacidade vocacional do caminho de ferro não seja solicitada.

Refiramos porém, que ao caminho de ferro está reservado um papel relevante na curta distância em zonas suburbanas, pois os factores *regularidade-capacidade-velocidade* além da pontualidade, são muito importantes nas *migrações pendulares* que ligam diàriamente os centros urbanos às cidades satélites ou núcleos limítrofes, onde a população estabelece o seu «habitat», como se disse.

O monocarril não tem tido uma expansão muito grande embora permita resolver o problema do congestionamento, mas a sua capacidade é bastante inferior à dos caminhos de ferro tradicionais.

Nas zonas urbanas o metropolitano está tendo grande expansão.

3.2.3 — *TRANSPORTES ESPECIAIS*

Como transportes terrestres especiais citamos:

— os teleféricos
— os pipelines

Os primeiros são sobretudo usados em zonas de montanha, no transporte de mercadorias, em geral minérios ou pessoas, em regiões turísticas nevadas ou de grandes altitudes e beleza (Suíça, Alpes). Os pipelines têm uma vasta aplicação como vias para o transporte de líquidos ou gases naturais e artificiais, sobretudo, de petróleo bruto e seus derivados.

Os Estados Unidos da América contam-se como o país com maior percentagem deste sistema, pois em relação ao resto do mundo tinha em 1963, 87%. Para se ter uma noção do comprimento da rede diremos que dos 1 340 000 km de extensão:

— 320 000 km transportavam petróleo bruto
— 925 000 km gás natural
— 95 000 km produtos refinados.

Este transporte revelou-se muito rentável, pois, por ton/km é 10 vezes mais económico que um camião (além de 50 km) 5 vezes mais do que em caminho de ferro e cerca de metade do transporte fluvial.

O seu custo é inversamente proporcional ao diâmetro do tubo.

3.3 — *TRANSPORTES AQUÍFEROS*

3.3.1 — Transportes marítimos

São caracterizados por grande lentidão relativamente aos outros *modos* — 18 nós nos cargueiros e 35 nós nos navios de passageiros mais rápidos.

Têm a vantagem de ser económicos em capacidades até 100 000 ton. Note-se que hoje se tem já petroleiros de 300 000 ton.

A segurança, a comodidade e a frequência, estão porém, sujeitas ao estado do mar e do clima.

Exigem terminais, embora em número limitado, a fim de estabelecer os necessários circuitos económicos que tornem possível a transferência de bens e pessoas. Os portos de mar devem, além disso, servir de portos de abrigo e estar próximo de locais de origem e destino dos passageiros.

Exigem instalações próprias para carga, descarga e armazenamento — guindastes e grandes armazéns — além de facilidades de transbordo para os outros *modos*.

O custo do transporte varia com a tonelagem do navio; por exemplo, uma capacidade dupla aumenta o calado de 20% e igual percentagem de redução de custo. O custo do transporte é muito oscilante e depende da oferta e da procura. O «frete» é muito variável tendo ainda incidência o seguro e o armazenamento, em especial. Caracterizam-se ainda por terem grande grau de liberdade.

3.3.2 — Transportes fluviais

São os transportes aquíferos que utilizam como vias de comunicação rios ou canais. As características são, no que se refere ao custo e velocidade, similares aos marítimos, mas em geral têm menor capacidade e menor grau de liberdade podendo considerar-se transpor lineares como os rodoviários. A sua utilização depende muito da rede de vias navegáveis e nos países em que esta é densa, está muito repartida pelos transportadores. O custo do transporte mostra, porém, ser nos casos concretos, 1/4 a 1/2 do custo por caminho de ferro.

4 — *CONCORRÊNCIA E COORDENAÇÃO. A MAIS RECENTE UTILIZAÇÃO DOS TERMINAIS*

Feita uma súmula sobre os vários modos de transporte, interessa referir algo que se relacione com os domínios da sua actuação e muito especialmente situar cada qual dentro do que parece ser a sua utilização vocacional.

Em regra, ainda que determinadas medidas legislativas tendam a impôr disciplina nos campos de actuação de cada *modo* e os pretendam conduzir a explorar o que mais parece adequar-se às vantagens que oferecem, não é isso que acontece. Por isso se verificam distorsões e se pratica uma política que parecendo mesmo ser de sã concorrência, deve antes sê-lo de *coordenação* e de *complementaridade, rementendo* cada modo para o domínio que lhe parece mais adequado.

A *coordenação*, qualquer que seja o estádio de desenvolvimento do país ou região, parece pois, ser a medida que melhor pode orientar os diversos sistemas, procurando tirar-se de cada qual, as melhores condições oferecidas e estabelecendo ligações por meio de transbordos rápidos e eficientes, mediante sistemas técnicos evoluídos e medidas legais a respeitar por todos os transportadores. [3]

Ela abrange cinco domínios que podemos, assim, distinguir:

4.1 — *Coordenação regulamentar* — visando o estabelecimento de medidas legislativas destinadas a definir o domínio de actuação de cada modo, precisando os limites e os meios que poderão ser postos à disposição, as técnicas a utilizar e as leis relativas ao exercício do transportador.

4.2 — *Coordenação tarifária* — destinada a estabelecer tarifas que orientem o utilizador na escolha da unidade de transporte.

4.3 — *Coordenação fiscal* — definindo as medidas tributárias tendentes a equilibrar a política dos diversos modos e a cobrir os encargos com as infra-estruturas.

4.4 — *Coordenação de investimentos* — que visa conjugar a política de desenvolvimento económico com os investimentos a aplicar na melhoria das infra-estruturas procurando estimular ou reconverter aquelas, tal que a óptima deve corresponder ao custo mínimo do transporte.

4.5. — *Coordenação técnica* — esta modalidade deve, sobretudo, conjugar as vantagens técnicas dos vários *modos*, de molde a eliminar a concorrência e a tornar os transportes complementares. Este tipo tem a vantagem de respeitar o interesse de todos os tranportadores de forma equitativa, além de ser o que melhor pode servir os utentes quando os modos complementares forem conveniente e devidamente equipados. Tem muito interesse no transporte de mercadorias, muito especialmente na utilização de contentores.

Na prática, a verdadeira coordenação obtém-se, porém, da conjugação das diversas modalidades.

5 — *O CONGESTIONAMENTO DO TRÁFEGO — OS TERMINAIS. A REDUÇÃO DOS TEMPOS DE ESCOAMENTO DOS FLUXOS PELA TEORIA DAS FILAS DE ESPERA*

Os grandes problemas que preocupam os especialistas de tráfego de todo o mundo são os derivados do aumento crescente que se vem observando, em especial

nas zonas urbana e suburbana. Aí, autênticas correntes de veículos rodoviários formam filas contínuas e produzem por vezes o que chamamos «engarrafamentos». Tem-se pretendido resolver o problema mediante uma sinalização adequada de itinerários, estabelecendo sentidos únicos de circulação e pela proibição do parqueamento nas zonas mais *saturadas*. A par disso, promove-se o alargamento das grandes artérias, aumentando as faixas de rodagem e reduzindo passeios, fomentando o transporte colectivo e procurando as vias de comunicação subterrânea, por *modos* que são já hoje considerados convencionais, como o metropolitano.

Mas nem só os transportes rodoviários são alvo do fenómeno do congestionamento ou da saturação. Referiremos aqui, por ser desconhecido de muitos e recente, o caso dos aeroportos de grande tráfego e a forma como tem sido encarada a sua ligação aos centros urbanos que servem. [4] Verifica-se que os aeroportos estão a ser ligados aos grandes centros urbanos distando 8,10 e 15 km, por meio do caminho de ferro.

A capacidade e a fluidez do tráfego, estão na base desta preferência. Em 1968, em Cleveland nos E. U. A., enquanto o percurso em auto-estradas, desde o aeroporto ao centro da cidade, demorava 1,5 h e custava 6 dólares de táxi, o C. T. S. (Cleveland Transport System) efectuava o trajecto em 23 minutos e custando 35 cêntimos. Boston, Bruxelas, Londres têm já ou estudam as suas ligações ferroviárias aeroporto-centro. A própria Paris tanto para o aeroporto de Orly como para o de Roissy projecta, ou tem já em construção neste último, os terminais ferroviários que ligarão ao centro da capital.

Estes exemplos ilustram a utilização que os terminais estão a ter como elemento de instalação fixa na coordenação entre os modos de transporte em que o custo, o tempo, a velocidade e em suma, a capacidade, são factores de escolha.

Finalmente, apenas diremos que no tocante ao tratamento dos fenómenos de congestionamento, os *fluxos de tráfego* ocupam hoje especialistas que estudam e se dedicam profundamente ao assunto. A chamada teoria das filas de espera [5] é uma base na qual um grande número se tem apoiado. Tendo em conta o conhecimento dos fluxos de tráfego nos itinerários principais e convergentes e baseando-se em leis aleatórias ou deterministas, estudam-se *modelos* que permitem determinar as distribuições de fluxo pelas várias vias, de forma a que o tempo de corte ou espera seja mínimo e os consequentes fluxos tenham assim o máximo caudal. A este respeito referimos os trabalhos de Kendal, Tunner, Blumenfeld [6] em que se procura reduzir o tempo de espera entre 2 pontos de corte de fluxo, considerando leis de exponencial negativa e processos ou expressões de Poisson, regendo os fenómenos mediante o do tratamento estocástico do problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] — Way, Williams — An Interoduction to Transportation Engineering, USA, 1961.

[2] — Oliveira, R. M. Girão — Influência recíproca entre o desenvolvimento e as infra-estruturas do transporte, Transportes, vol. 3, Jan./Março 1968.

[3] — Mendes, R. E. — A coordenação técnica entre os caminhos de ferro e os outros meios de transporte, comunicação n.° 33, II Colóquio Nacional de Transportes, Janeiro de 1970.

[4] — Romão, J. S. — O caminho de ferro na moderna problemática dos transportes, comunicação n.° 48, II Colóquio Nacional de Transportes, Janeiro 1970.

[5] — Wahnon, I. — A teoria das filas de espera, Transportes, vol. 4, Julho/Setembro 1969.

[6] — Blumenfeld, Dennis E., Weiss, George H. — On queu splitting to reduce Waiting Times (Transportation Research, vol. 4, 1970.

MAGUE

Corpo de baixa pressão da turbina a vapor de 1.100 MW para a Central de Amos-Baltimore (U. S. A.) — maquinagem do porta-alhetas intermédio — (encomenda da Brown Boveri & Cie)

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L.

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

• SOLDADURA ELÉCTRICA

• MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

- indicadora
- reguladora
- registadora

J. ROMA, L.DA

P. da Figueira, 12, 1.º LISBOA Tel. 865151

P. do Município, 309-6.º S 3 PORTO Tel. 0236732

ETP 25

MERCEDES-BENZ

MOTORES DIESEL

GRUPOS ELECTROGÉNEOS DE 14½ A 245 KVA

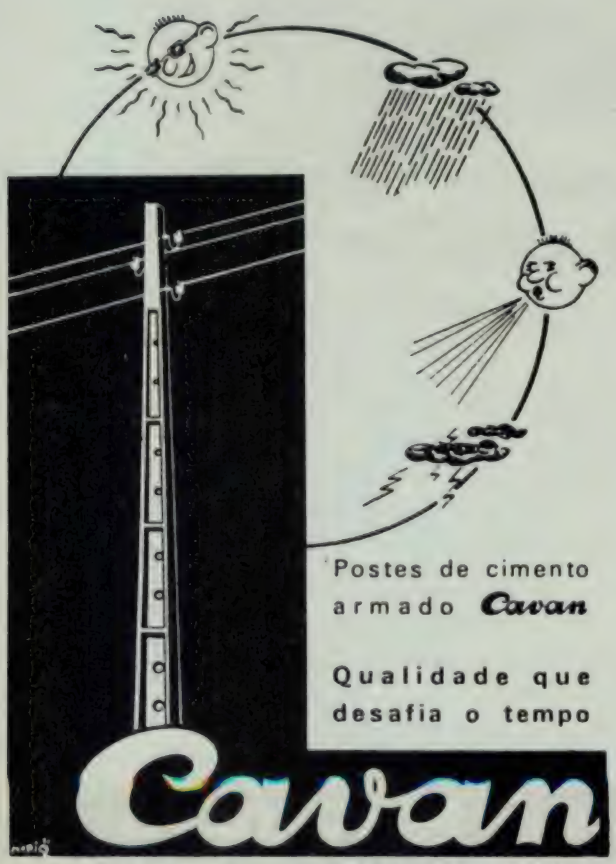
REPRESENTANTES

MENDES DE ALMEIDA, S.A.R.L.

ESCRITÓRIOS • ARMAZÉNS

OFICINAS • SALÃO DE VENDAS

AV. 24 DE JULHO, 54 A-G — LISBOA — TELEF. 667794/8



Av. Visconde Valmor, 76-1.º - Tel. 766014 (7 linhas) Lisboa-1

Plessey Automática Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

Fabricante de Material Telefónico, Telecomunicações e Sinalização de Trânsito

Administração, Fábrica e Escritórios:

Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa
Telefone 31 31 71

Apartado 1060 — Telegramas: PLESSEY
TELEX 1190 PAEP P

DELEGAÇÕES:

Norte — Rua Gonçalo Cristóvão, 140 - 2.º Esq.
Porto — Telef. 3 39 26 - 38 01 38

Angola — Avenida General Carmona, 70/70 - A
Luanda - Angola — Caixa Postal 6853
Telefone 2 36 21

Moçambique — Rua da Electricidade, 4
Lourenço Marques - Moçambique
Caixa Postal 2686, Telefone 2 56 18

C. D. U. 537.311.6 : 621.3.126

CONSIDERAÇÕES SOBRE A INDUTÂNCIA DUMA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA *

OLIVÉRIO SOARES

RESUMO

O autor expõe o conceito de indutância, e aplica-o às máquinas de corrente contínua.

O artigo é a compilação de ideias, para desenvolvimento ulterior, em que são invocadas relações importantes.

SYNOPSIS

The author explains the conceit of inductance and applies it to direct current machines.

The article is the compilation of ideas for an ulterior development, in which important relations are invoked.

– INTRODUÇÃO AO PROBLEMA

É um dos problemas mais complexos das máquinas de corrente contínua.

A ideia do presente trabalho, consiste na compilação dos métodos de medida, seguido de um breve estudo sistemático, comparativo e crítico, contributo para uma normalização de ensaios.

A primeira dificuldade surge na definição do que é a indutância da máquina.

A ideia primária é defini-la de acordo com a sua utilidade.

A máquina terá dois possíveis regimes de funcionamento. Um estacionário e outro sujeito a variações frequentes de regime, (caso da aplicação em laminadores) em que interessa o comportamento dinâmico.

O conceito geral de indutância está de acordo com a lei de Faraday:

$$e = -\frac{d\varnothing}{dt}$$

Se $\varnothing$ for proporcional à corrente:

$$\varnothing = L\,i$$

$$e = -L\,\frac{di}{dt}$$

Porém, em geral, $\varnothing$ não pode ser considerado proporcional a i em face de fenómenos de saturação:

$$e = -\frac{d\varnothing}{di}\cdot\frac{di}{dt}$$

E define-se indutância, dum modo geral como:

$$L = \frac{d\varnothing}{di}$$

valor, no caso geral, variável com a corrente.

Fica-se com uma definição de carácter energético, quando se considera a energia electromagnética:

$$W = \frac{1}{2}\,L\,i^2 \qquad [dW = i\;d\varnothing = L\,i\,di]$$

Numa máquina, os problemas a considerar são diversos e isso leva a definições particulares (Fig. 1), com base em simplificações, nem sempre aplicáveis, mas suficientes aos objectivos a atingir.

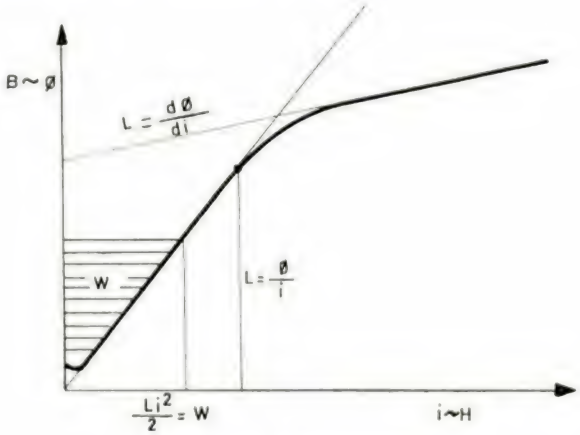


Fig. 1: Curva de Magnetização

Aparece um valor de indutância estática:

$$L = \frac{\varnothing}{i}$$

* — Extraído do Relatório de Estágio realizado no Laboratório de Ensaio de M.C.C., 1966

com interesse no cálculo dos polos da máquina, por exemplo.

Outra como:

$$L = \frac{d\varnothing}{d\ i}$$

necessária no comportamento dinâmico.

Surge ainda:

$$W = L\ \frac{i^2}{2}$$

definição energética, sob a forma finita, e que se mostra útil na análise da comutação.

– MÉTODOS DE MEDIDA

O problema reside em determinar estes valores, sobre uma máquina em ensaio.

Os métodos propostos até agora, estão apoiados em:

- Medidas directas usando corrente alternada
- Pontes com corrente alternada
- Galvanómetro balístico
- Constantes de tempo
- Oscilograma do arranque
- Características de tensão

A medição directa, consiste em determinar com a máquina em vazio e aplicação de tensões contínuas, parcialmente em cada circuito, a resistência eléctrica.

Aplica-se também separadamente a cada circuito, uma tensão alternada de certa frequência e mede-se a respectiva impedância.

Fica então conhecida a indutância a dada frequência. Indutância que corresponde a um parâmetro electromagnético do circuito, sob as impostas condições de funcionamento.

Outro método consiste em servir-se da montagem da Fig. 2.

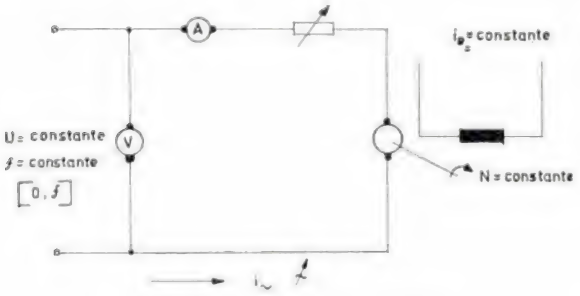


Fig. 2: Utilização de corrente alternada.

Como é conhecida a resistência do circuito induzido, pode-se determinar a indutância (Fig. 3).

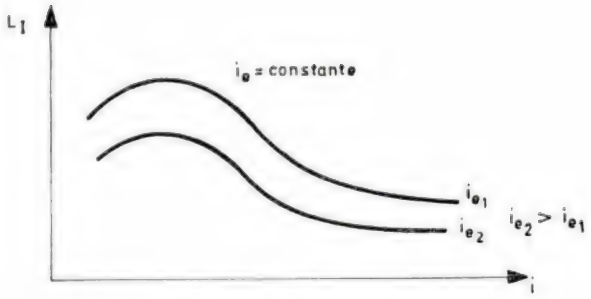


Fig. 3: Variação típica da indutância com a corrente injectada no induzido.

O valor mais elevado de L_I, corresponde a $i_e = o$

Se mudarmos a frequência, com U, I e i_e constantes, obtém-se um andamento representado na Fig. 4.

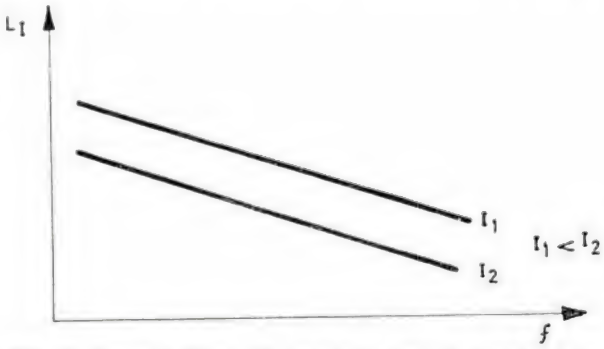


Fig. 4: Variação típica da indutância com a frequência da corrente aplicada ao induzido.

U = constante
I = constante no induzido
I_e = constante e contínua, em geral a corrente nominal.

A mudança de frequência é feita por aplicação duma máquina síncrona como gerador.

O método da ponte, consiste na simples medição dos parâmetros eléctricos de cada circuito, com uso de ponte conveniente.

Os circuitos são tomados separadamente, e faz-se circular corrente sòmente no circuito, sob medida (Fig. 17).

O uso de Galvanómetro Balístico, consiste na aplicação de tensão sob a forma de impulsos e medição do fluxo, bem como indutâncias, pelo método usual.

No método das constantes de tempo, substitui-se o Galvanómetro Balístico pelo Oscilógrafo e realiza-se o oscilograma (Fig. 5).

Esse oscilograma revela, imediatamente, a variação de *L* com *i*.

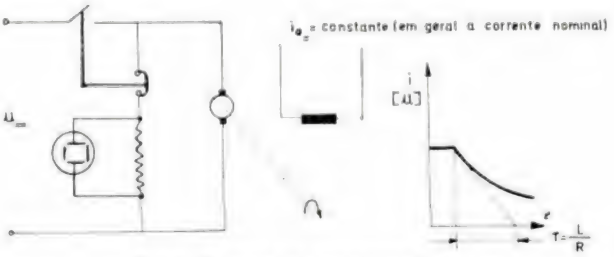


Fig. 5: Método das constantes de tempo.

Para L constante, a sua determinação seria imediata:

$$T = \frac{L}{R}$$

Uma vez que a equação do circuito seria:

$$R\ i + L\ \frac{d\ i}{d\ t} = 0$$

Na realidade L não é constante com i.

Se traçarmos em papel semilogarítmico a curva i(t), (Fig. 6), há sempre um desvio da função exponencial.

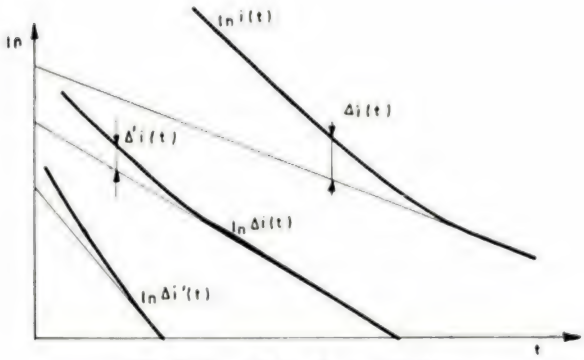


Fig. 6: Curva típica da variação i(t).

Notar que este *L* não é pròpriamente um coeficiente de auto-indução, no sentido usual desta expressão.

O oscilograma do arranque, refere-se a um novo método (Fig. 7).

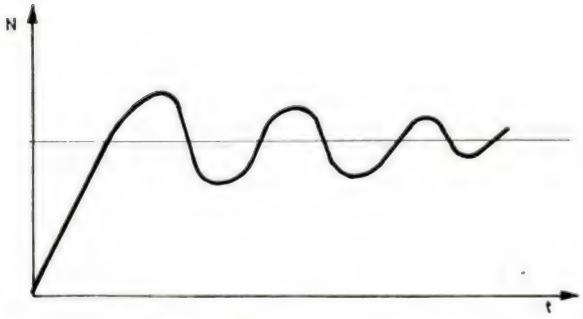


Fig. 7: Oscilograma do arranque

A curva é do tipo pseudo-periódico em que se verifica um certo pseudo-período, para uma amplitude exponencialmente decrescente.

A equivalência das energias:

$$\frac{C\ U^2}{2} = \frac{I\ w^2}{2}$$

permite concluir, que a frequência da curva pseudo-periódica é da forma:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\ C}}$$

As dificuldades residem na determinação de *C*, na eliminação de todas as perturbações exteriores e observações da frequência, no oscilograma, por estarem presentes harmónicos, e mesmo outras frequências resultantes da vibração da máquina.

As características de tensão, permitem a determinação de:

$$L = \frac{\varnothing}{i} \quad \text{e} \quad L = \frac{d\varnothing}{di}$$

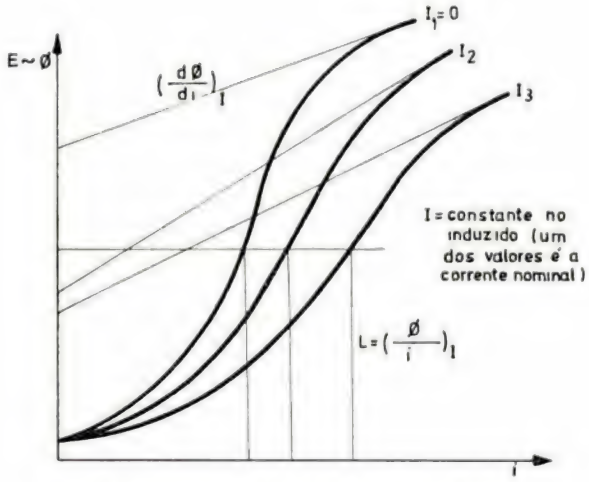


Fig. 8: Característica de tensão, andamento típico.

— DISCUSSÃO SUMÁRIA DOS MÉTODOS

Considerem-se os resultados que se podem obter através duma característica de magnetização, e comparemos o que resulta das diferentes definições.

As definições conduzem a resultados coincidentes, enquanto a curva tem um andamento rectilíneo, como seria de esperar (Fig. 9).

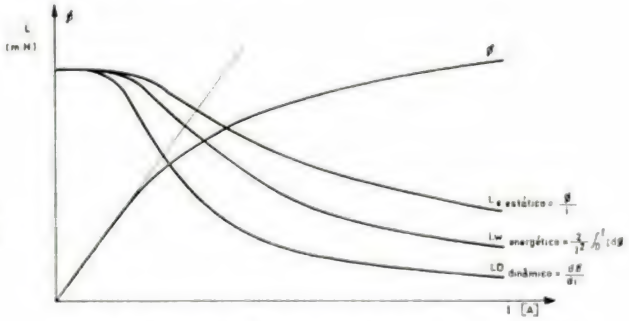


Fig. 9: Comparação de valores de L quando se considera a curva de magnetização de um material.

Podem ainda estabelecer-se certas relações entre as diferentes definições, como:

$$L_D = \frac{d\,(L_e\, I)}{d\,I} = L_e + I\,\frac{d\,L_e}{d\,I}$$

$$L_W = \frac{2}{I^2}\int_0^{I} L_D\; i\; d\,I$$

Sem intenção de tratar o assunto de forma exaustiva, vão considerar-se algumas notas a título explicativo, salientando artifícios, que apesar de vulneráveis, mostram poder-se progredir neste problema um tanto complexo.

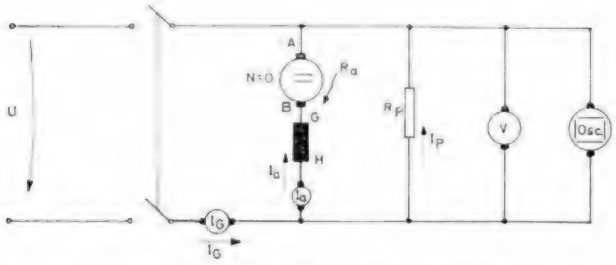


Fig. 10: Montagem para aplicação do método das constantes de tempo.

– MÉTODO DAS CONSTANTES DE TEMPO:

Determinamos R_a e R_p:

$$R_a = \frac{U}{I_a}$$

$$R_a = \frac{U}{I_G - I_a}$$

O oscilograma que se obtem, (Fig. 11),

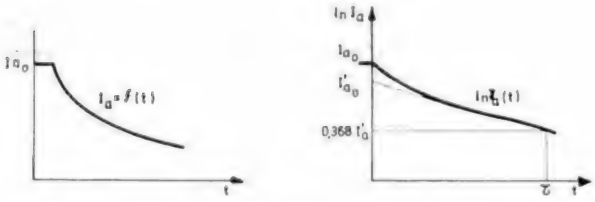


Fig. 11: Analise do Oscilograma, no método das constantes de tempo.

leva à determinação da constante de tempo do sistema. Não esquecendo que $\tau = \tau\,(R_a + R_p)$, o valor da constante de tempo corrigida, assume-se:

$$\tau_{\text{corrigido}} = \frac{R_a}{R_a + R_p}\,\tau$$

E então:

$$L = R_a\;\tau_{\text{corrigido}}$$

Acentue-se que a lei exponencial admitida

$$ia = I_{a_0}\; e^{-\frac{R}{L}t}$$

não é respeitada, porque na equação diferencial:

$$L\,\frac{d\,i_a}{d\,t} + R_a\, i_a = 0$$

L é variável com a corrente.

Rigorosamente, não é possível obter o integral da equação sob forma analítica.

Pode porém obter-se o valor de L, função da corrente.

$$L = \frac{d\,\varnothing}{d\,i} = \left|\frac{R i_a}{\frac{d i_a}{d\,t}}\right|$$

O oscilograma dá-nos acesso nos valores de i_a e $\frac{d i_a}{d\,t}$

– MÉTODOS COM CORRENTE ALTERNADA:

Num dos métodos a máquina funciona como motor e está parada (Fig. 12).

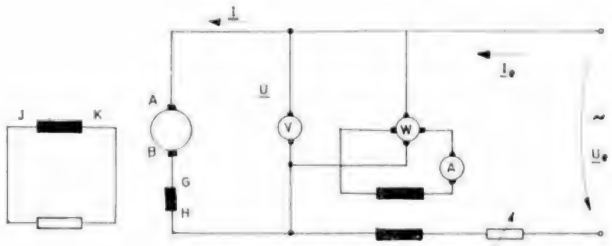


Fig. 12: Montagem para um dos métodos de corrente alternada.

$$Z = \frac{U}{I} \qquad X = \frac{\sqrt{S^2 - P^2}}{I^2} \qquad L = \frac{\sqrt{S^2 - P^2}}{2\,\pi\, f\, I^2}$$

$$L = \frac{Q}{2\,\pi\, f\, I^2}$$

Podemos obter, a frequência constante:

$$L = L\left(\frac{I}{I_n}\right)_{R_{J-K}}$$

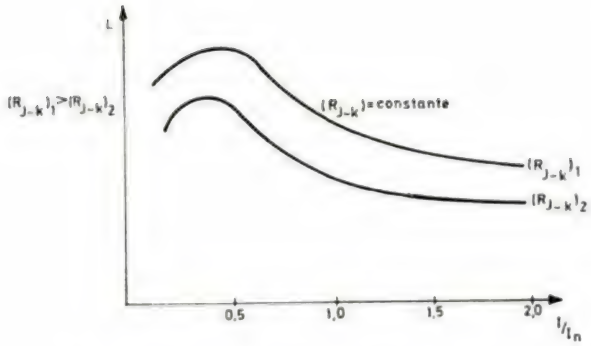


Fig. 13: Andamento típico da curva L $\left(\frac{I}{I_n}\right)$ R_{J-K} a frequência constante

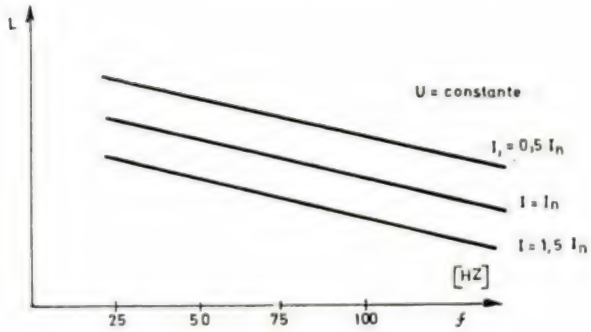


Fig. 14: Andamento típico da curva L (f) R_{J-K} com tensão e corrente constante no induzido.

Notando que:

$$L_{AH} = L_{AB} + L_{GH}\ (\pm M)$$

pode-se estabelecer uma decomposição em parcelas (Fig. 15).

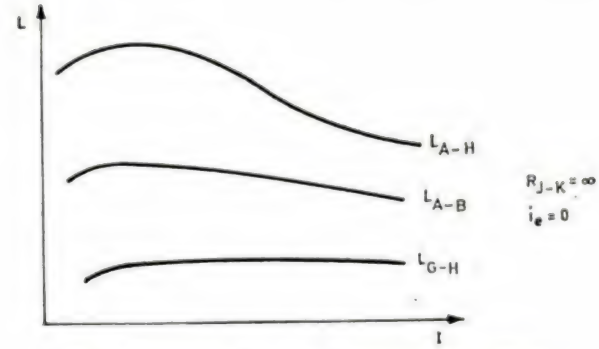


Fig. 15: Andamento típico das componentes indutivas da máquina.

Considerando que:

$$f = N\ p$$

$$E = Z\ \frac{p}{a}\ N\ \varphi$$

Teremos:

$$E = Z\ \frac{f}{a}\ \varphi$$

$$\varphi = \frac{E}{Z/_a\ f}$$

$$L = \frac{\varphi}{i_e}$$

Obtém-se a representação de L $(i_e)_I$, Fig. 16.

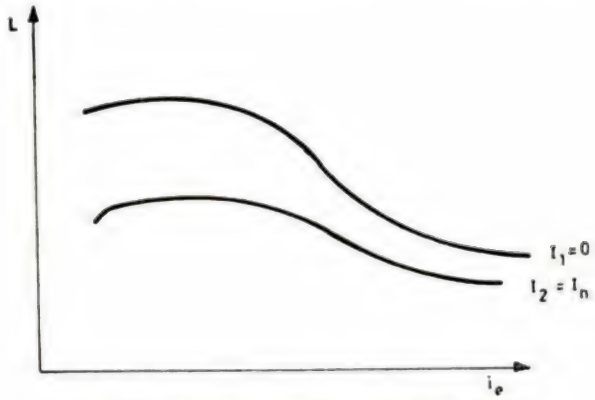


Fig. 16: Andamento típico da indutância em função da corrente indutora. Método de corrente alternada.

— MÉTODO DAS PONTES

Consideram-se dois exemplos, Fig. 17 e Fig. 18.

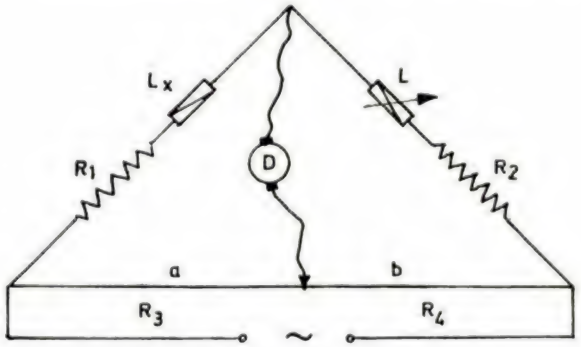


Fig. 17: Montagem em ponte.

A condição de equilíbrio é:

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{L_x}{L} = \frac{a}{b}$, interessa considerar as relações:

$$\begin{cases} \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{a}{b} \\ \frac{L_x}{L} = \frac{R_1}{R_2} \end{cases}$$

Outro método:

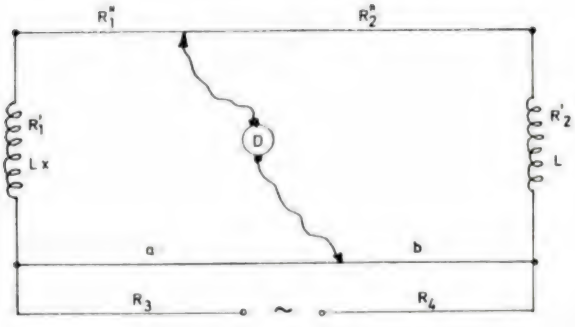


Fig. 18: Montagem em ponte.

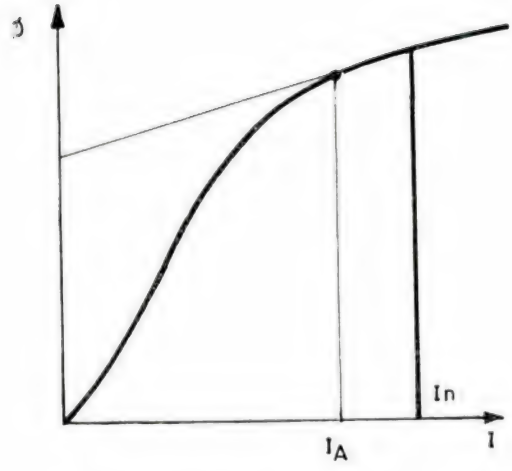


Fig. 19: Linearização da curva de Magnetização.

A condição de equilíbrio é:

$$\frac{R_1' + R_1''}{R_2' + R_2''} = \frac{L_x}{L} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{a}{b}$$

Tem interesse considerar:

$$\begin{cases} \dfrac{R_1' + R_1''}{R_2' + R_2''} = \dfrac{L_x}{L} \\[2ex] \dfrac{R_3}{R_4} = \dfrac{L_x}{L} \end{cases}$$

Anote-se, finalmente, que para usos práticos onde seja admissível a linearização da curva de magnetização, pode-se lançar mão de expressões como:

$$L_{e_A} = \frac{\varnothing_{e_A}}{I_A}$$

$$L_{D_A} = \frac{d\varnothing_A}{dI}$$

$$L_e = \frac{I_A}{I} L_{e_A} + \left(1 - \frac{I_A}{I}\right) L_{D_A}$$

$$L_W = \frac{I_A^2}{I} L_{W_A} + \left[1 - \left(\frac{I_A}{I}\right)^2\right] L_{D_A}$$

BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

WALKER, M.: «Calcul et Specification des Machines Dynamo — Electriques» Béranger, Paris, 1922.

ARNOLD LA COUR: «Máquina Dinamo Electrica de Corriente Continua» Labor, Barcelona, 1930 — 1935.

MAUDUIT, A.: «Machines Electriques» Dunod, Paris, 1931.

HAGUE, B.: «Alternating Current Bridge Methods» Pitman, London, 1946.

LIWSCHITZ, M.: «Calcolo e Determinazione Delle Dimensioni Delle Machine Elettriche» Ulrico Hoepli, Milano, Itália, 1952.

CARR, L. H. A.: «The Testing of Electrical Machines» Mac-Donald, London, 1960.

WELSBY, V. G.: «The Theory and Design of Inductance Coils» Mac-Donald, London, 1960.

ADKINS, B.: «The General Theory of Electrical Machines» Chapman & Hall, London, 1962.

LOUTZKY, S.: «Calcul Pratique des Machines à Courant Continu» Eyrolles, Paris, 1963.

«The Electrical Engineer's Reference Book» George Newnes Limited, London, 1964.

CORRON, H.: «Electrical Technology» Pitman Press, London, 1965.

DRAPER, A.: «Electrical Machines» Longmans, London, 1965.

JEVONS, M.: «Electrical Machines Theory» Blackie & Son Limited, London, 1966.

SERVINDO
EFICIENTEMENTE
O PAÍS
TAMBÉM
O SERVIMOS
A SI

O certo é que contribuimos para que um sem número de produtos e serviços básicos vos cheguem às mãos eficientemente.

A luz eléctrica, o gás, a gasolina, os óleos, o aço, o cimento, o papel e até o próprio avião estão de certa forma ligados à nossa empresa. É que ajudamos a construir e a criar indústrias e serviços de base.

Para o grande público talvez sejamos anónimos, mas para o desenvolvimento industrial do país somos indispensáveis.
E porque servindo eficientemente o país também o servimos a si, gostaríamos que nos conhecesse melhor.

**Sabia por exemplo que construimos a maior parte dos enormes alternadores que produzem a energia eléctrica de Portugal?
E doravante sempre que em sua casa acender uma luz...
talvez se lembre do nosso nome.**

Sepsa

servindo eficientemente o país, também o servimos a si...

Sepsa

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES ELECTROMECÂNICAS, S.A.R.L.

TELEFS. 951616 (10 LINHAS)

APARTADO. 8 – LECA DO BAILIO – TELEX: SEPSA P 2616

C. D. U. 621.396:551.596.7

ATTENUATION MEASUREMENTS AT 11 GHz UNDER RAIN CONDITIONS

JOSÉ A. C. SARAIVA MENDES (*)
Engenheiro Electrotécnico (I S T)

SYNOPSIS

This paper shows some experimental results obtained during 1970 and 1971 on two paths at 11 GHz. The analysis of a method proposed by P. Quarta is also carried out. Such method allows the evaluation of the statistical distribution of the instantaneous attenuation on a path, from the knowledge of the statistical distribution of the hourly mean rain rate measured at any point of the country where the path in located.

RESUMO

Este trabalho destina-se a apresentar alguns resultados experimentais provenientes de medidas de atenuação, feitas em dois percursos a 11GHz durante os anos de 1970 e 1971. Analisa-se também um método de cálculo proposto por P. Quarta, permitindo o cálculo da distribuição estatística da atenuação instantânea prevista num percurso, a partir da distribuição estatística da precipitação média horária relativa a qualquer ponto da região onde se encontra esse percurso.

1. *INTRODUCTION*

When we intend to study a radio link in line of sight, we must take good account of troposphere, as it is the medium where propagation takes place. As it is well known, the influence of troposhere on propagation, can be studied through its three main effects, which are:

(i) variaton of the refractive index.
(ii) Absorption due to oxygen and water vapor.
(iii) Scattering by water particles contained in clouds, fogg, rain, snow, etc.

The variation of the refractive index of troposphere affects the propagation at any frequency, causing the normal fading of communications.

On the other hand, the absorption of oxygen and water vapor is only important for frequencies above about 60 GHz, as we may conclude from Fig. 1.

The attenuation due to scattering also depends on frequency. In fact, a particle scatters energy only if its size is close to the wavelength, what happens above about 10 GHz for rain drops. At 11 GHz and for heavy rain showers the supplemental attenuation may increase up to 40-50 dB on very short paths (10 — 20 km).

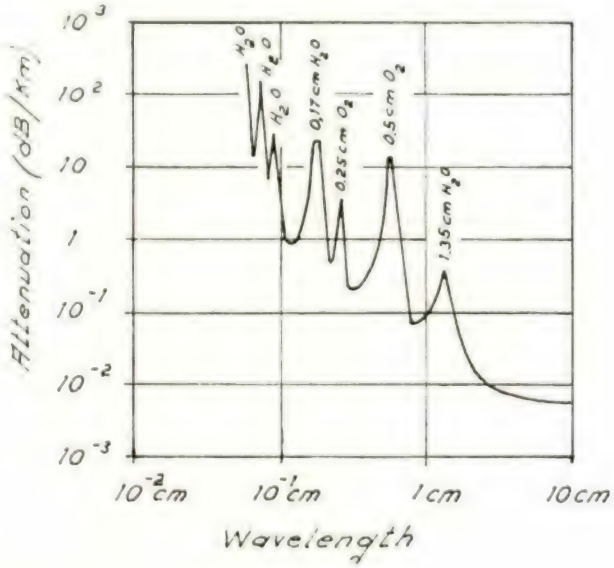


Fig. 1

2. *Ryde Relations*

If we assume that rain drops are spherical, it is possible to study the scattering produced by one drop, using the results of Gustav Mie and others. However, the drops contained in a rain shower do not have the same size (see table I) [I] and so they will scatter energy differently. On the other hand there is also an interaction between drops if they are very close, leading to experimental results different from theoretical ones.

(*) From the STM — Serviço de Telecomunicações Militares.
This work has been carried out during 1970 and 1971 at the Research Laboratory F. Vecchiacchi of the SGTE in Milan, with a subside of the Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica — PORTUGAL

TABLE I

Drop size (cm) mean in interval \ Precipitat. rate (mm/h)	PERCENT OF TOTAL VOLUME								
	0.25	1.25	2.5	5	12.5	25	50	100	150
0.05	28.0	10.9	7.3	4.7	2.6	1.7	1.2	1.0	1.0
0.1	50.1	37.1	27.8	20.3	11.6	7.6	5.4	4.6	4.1
0.15	18.2	31.3	32.8	31.0	24.5	18.4	12.5	8.8	7.6
0.2	3.0	13.5	19.0	22.2	25.4	23.9	19.9	13.9	11.7
0.25	0.7	4.9	7.9	11.8	17.3	19.9	20.9	17.1	13.9
0.3		1.5	3.3	5.7	10.1	12.8	15.6	18.4	17.7
0.35		0.6	1.1	2.5	4.3	8.2	10.9	15.0	16.1
0.4		0.2	0.6	1.0	2.3	8.5	6.7	9.0	11.9
0.45			0.2	0.5	1.2	2.1	3.3	5.8	7.7
0.5				0.3	0.6	1.1	1.8	3.0	3.6
0.55					0.2	0.5	1.1	1.7	2.2
0.6						0.2	0.5	1.0	1.2
0.65							0.2	0.7	1.0
0.7									0.3

Ryde and Ryde [2] [3], have concluded that this interaction is negligible when the distance between two neighbour drops is at least, five times their diameter.

This has permited them to deduce the following expression:

$$A = K\ R^{\gamma} \qquad (1)$$

where A is the attenuation in dB/Km, K and γ are coefficients depending on frequency which we can determine by measurements and R is the path - average rain rate.

According to D. C. Hogg [4], we may write (1) as follows:

$$A = 0.013\ R^{1.3}\ \text{dB/Km for } f = 11\ \text{GHz} \qquad (2)$$

$$A = 0.055\ R^{1.09}\ \text{dB/Km for } f = 18.5\ \text{GHz} \qquad (3)$$

$$A = 0.20\ R^{1.0}\ \text{dB/Km for } f = 30\ \text{GHz} \qquad (4)$$

or for heavy rain, with path – average rain rates of about 100 mm/h

$$A = 0.04\ R \quad \text{dB/Km } f = 11\ \text{GHz} \qquad (5)$$

$$A = 0.1\ R \quad \text{dB/Km } f = 18.5\ \text{GHz} \qquad (6)$$

$$A = 0.2\ R \quad \text{dB/Km } f = 30\ \text{GHz} \qquad (7)$$

As rain drops are not spherical, there is also an influence of polarization on attenuation, which has been studied by Oguchi [5].

Table II shows the results he has proposed in order to correct the values obtained through (5).

TABLE II

Precipitation Rate mm/h	Percentage change in attenuation dB/km	
	Vertical polariz.	Horizontal polariz.
0.25	– 4.9	+ 2.5
1.25	– 7.8	+ 2.4
2.5	– 8.9	+ 2.5
12.5	– 11.7	+ 2.2
25	– 13.2	+ 0.3
50	– 14.6	+ 1.7
100	– 15.9	+ 0.9
150	– 15.9	+ 1.0

3. *Experiments carried out at the Research Laboratory F. Vecchiacchi*

As we cocnluded from § 2., it is possible to evaluate the suplemental attenuation due to rain, if we know the average path-rain-rate.

However, the data generally available are hourly mean values, measured on different points of a network, which does not allow us to know precisely either the average path-values or the instantaneous rain rate.

The works carried out at the Laboratory F. Vecchiacchi and to be described hereafter consisted in trying to find out a procedure of evaluation of yearly instantaneous distribultion of supplemental attenuation due to rain knowing hourly mean rain rates of anly one pluviometer.

In order to carry out these experiments we have used two paths:

- one 9.2 Km long from Cassina de Pecchi to Vimercate
- another 20 Km long from Cassina de Pecchi to Montevecchia.

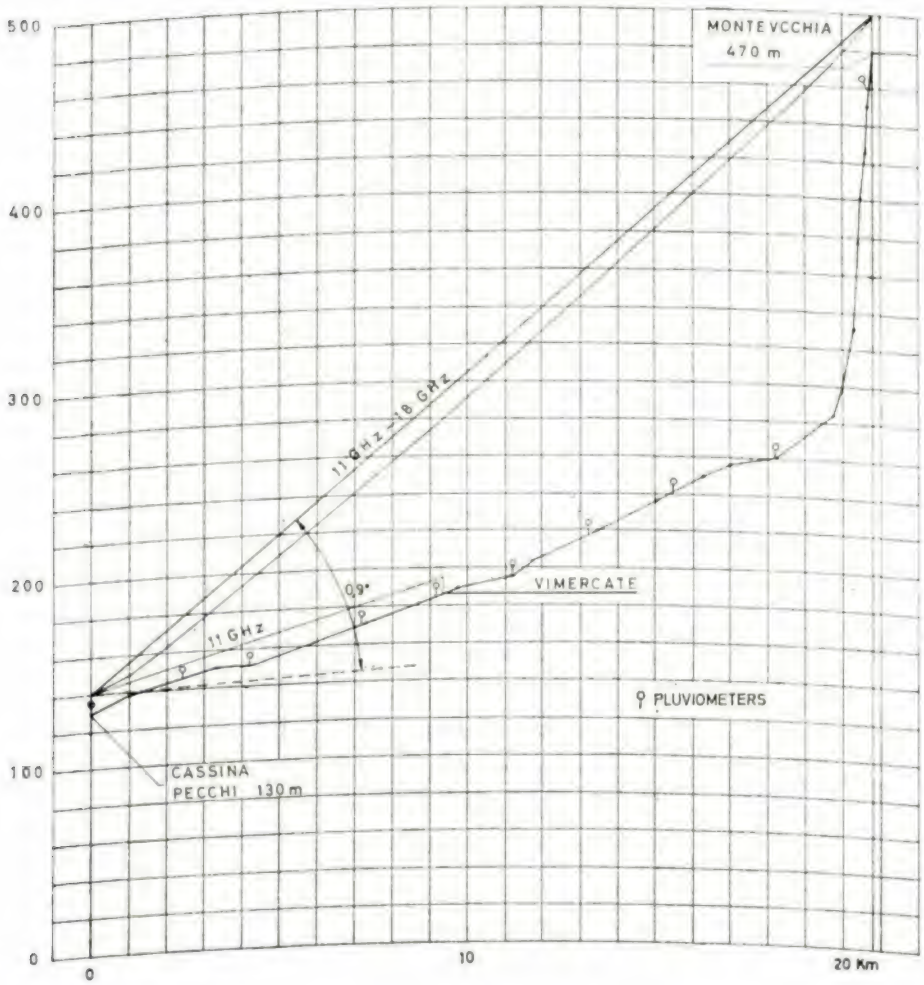
On both paths we have measured the instantaneous attenuation at 11 GHz and the instantaneous rain rate along the path.

Fig. 2 shows the profile of both paths and the location of pluviometers.

The main characteristics of the equipment installed are shown on Table III.

TABLE III

Length of the path Montevecchia — Cassina	20 km
Length of the path Vimercate — Cassina	9,2 km
Number of pluviomentrs installed on the path	10
Average distance betwen neighbour pluviometers	≃ 2 km
Receiver dynamics at 11 GHz	≃ 40 dB
Maximum rain rate measurable	≃ 240 mm/h



D 1 cm = 1 Km h 1 cm = 20 m
K = 1,15

Fig. 2 — Profile of the path

4. *Method proposed for the evaluation of yearly cumulative distribution of instantaneous attenuation*

The method here described has been proposed by P. Quarta [6] on 1964.

It assumes that:

- If we plot rain rate versus distance, there is a common shape for the plots of any heavy rain shower. ($R > 100$ mm/h measured by any pluviometer).
- For every heavy rain shower it is possible to define a storm center with a radius of influence of about 8 Km.
- There is a correlation between heavy rain showers; when there is a heavy rain shower at any point the existence of another one within a circle of about 20 kms. diameter is not probable.

These assumptions have also been confirmed by Mrs. Freeny and Gabbe [7] from Bell Laboratories through a more complete analysis of rainfall.

In order to describe the proposed method of evaluation, we will set the following notation, for any given rain shower:

i — instantaneous rain rate at one place
i_o — hourly mean rain rate at one place
$\bar{i}$ — path-average instantaneous rain rate
$\bar{i}_o$ — path-average hourly mean rain rate
A — instantaneous attenuation over the path
A_o — hourly mean value of attenuation over the path
e_i — length of a rain shower at i level
$\bar{e}_i$ — mean length of rain showers at i level obtained over a large number of events
d — lenght of the path

We may then write

$$\bar{i} = c\ i_{max}$$

for instantaneous values, and

$$\bar{i}_o = c'\ i_{omax}$$

for hourly mean values.

Let us be $P(i_o > i'_o)$ the probability that a generic level i_o' wil be exceeded in any point of the path.

Let us be $P(i_{o_{max}} > i'_o)$ the probability that in any point of the path there will be a rain shower with maximum hourly mean rain rate $i_{o_{max}}$ greater than i'_o.

Then, $P(i_o > i'_o)$ concerns a number of events contained in the condition $P(i_{o_{max}} > i'_o)$, having an average linear extension $\bar{e}_{i_o}$. The probability that an extension $\bar{e}_{i_o}$ will occur in a path with a length d, will be $\frac{\bar{e}_{i_o}}{d}$.

So we will write:

$$P(i_o > i'_o) = P(i_{o_{max}} > i'_o)\ \frac{\bar{e}_{i_o}}{d} \qquad (10)$$

Combining (9) and (10):

$$P(i_{o_{max}} > i'_o) = P\left(\frac{\bar{i}_o}{c} > i'_o\right) =$$

$$= P(\bar{i}_o > c i_o') \qquad (11)$$

and

$$P(\bar{i}_o > C i'_o) = \frac{d}{\bar{e}_{i_o}}\ P(i'_o > i'_o) \qquad (12)$$

By using (12) it is possible to determine the statistical distributions of $\bar{i}_o'$ from the statistical distributions of i_o and $\bar{e}_{i_o}$. *Furthermore* it is possible to evaluate the statistical distribution of hourly mean attenuation Ao:

$$P(A_o > K\bar{i}_o^{\gamma}) = P(i_o > c i'_o) \qquad (13)$$

As we must know the statistical distribution of instantaneous attenuation A, the result of (13) is not yet enough. However, it is possible to define an average distribution of fades with different hourly mean values, allowing us to calculate the statistical distribution of A from the statistical distribution of A_o.

If such distribution is like shown on Fig. 3

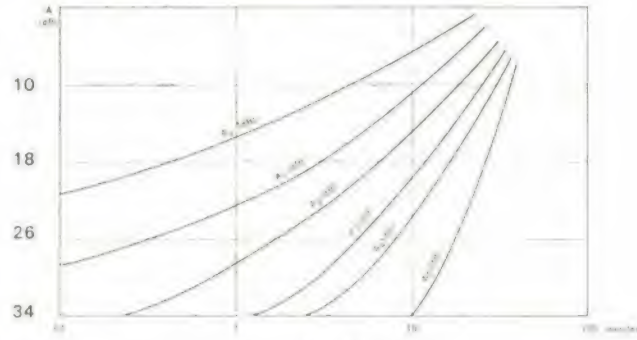


Fig. 3

and if A' is a generic level of instantaneous attenuation, we shall have:

$$P(A > A') = \sum_0^{\infty} A_o P(A_o > A') P(A_o < A_o + \Delta A_o) \qquad (14)$$

5. *Discussion of experimental results*

The results presented hereafter were obtained by the author in 1970 and 1971 following other experiments which have been carried out since 1964 by P. Quarta and G. B. Stracca, on the same paths [6], [8], [9]. So, the statistical distributions shown here are the average distributions of all years from 1964 to 1971, except the distributions of measured instantaneous attenuation which correspond only to 1970 and 1971.

The recordings are usualy made from March to October as it is the period of heavier rain showers in Milan. However, in 1971 the recordings have only been analysed during the period May — September, as it has been an year with very weak rain showers. The total time of analysis has been 5256 hours in 1970 and 3144 hours in 1971.

On fig. 4 to 9 we show the instantaneous plots of some typical rain showers, all collected in 1970. We show no plots obtained on 1971 as they are not very representative.

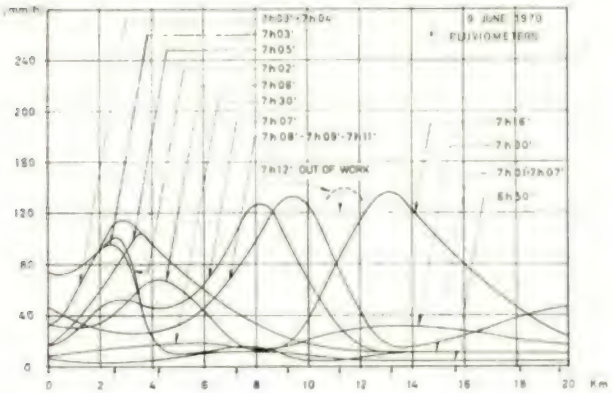


Fig. 4 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

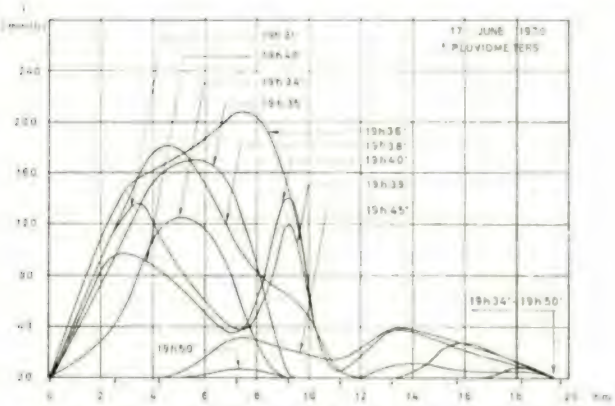


Fig. 5 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

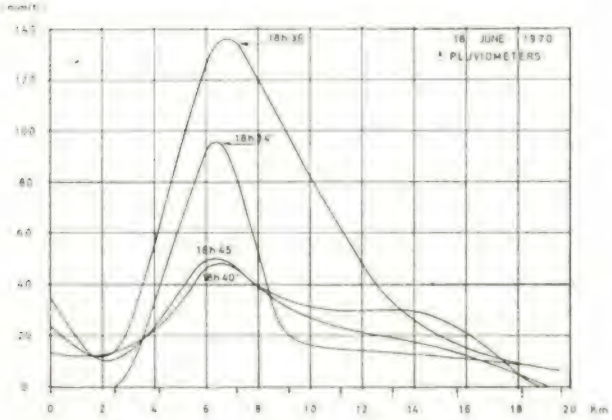


Fig. 6 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

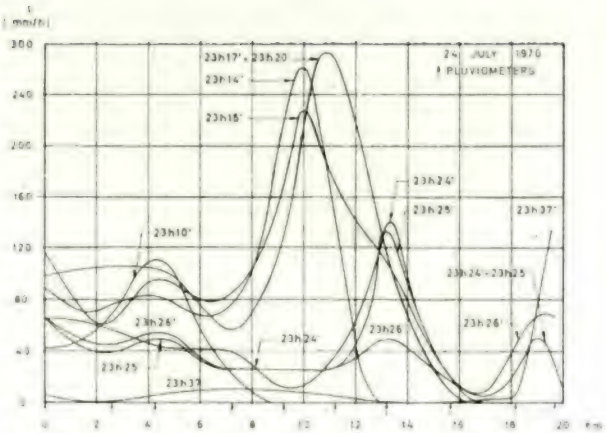


Fig. 7 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

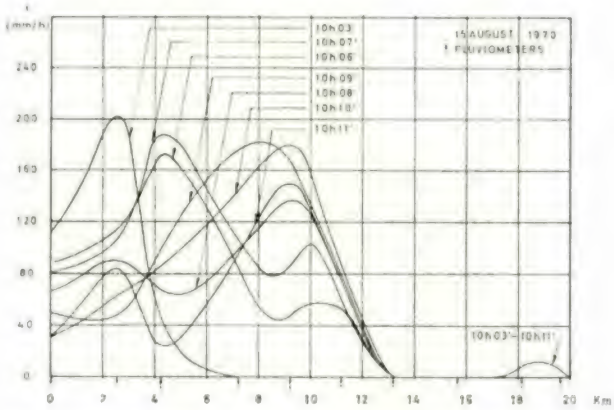


Fig. 8 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

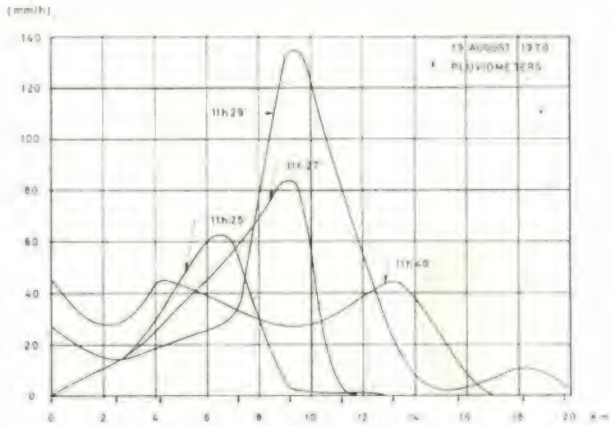


Fig. 9 — Plot of instantaneous rain rate along the path of 20 km

Through the analysis of all rain showers, we may determine the coefficients c and c′ of relations (8) and (9), which have the same value for the same path length.

Our result agrees with the results obtained by P Quarta and G. B. Stracca for hourly mean values [6], [8]. Such values are, for both paths:

$c = c' = 0{,}8$ for the path 9.2 Km long

$c = c' = 0{,}52$ for the path 20 Km long

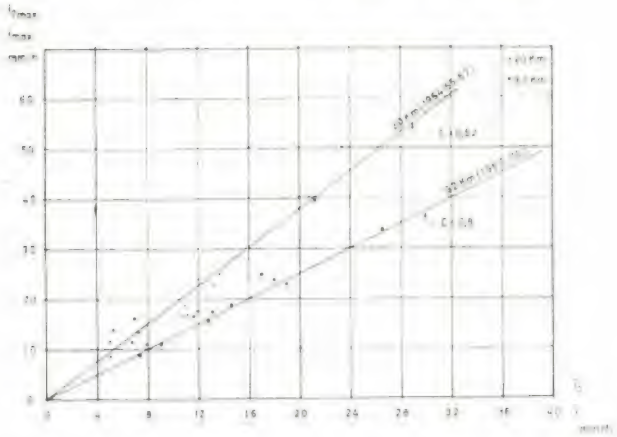


Fig. 10 — Correlation beween maximum and average rain rates along the two paths

Fig. 11 shows the average length of rain showers at different levels of hourly mean rain rate. This in an average curve of the plots obtained from 1964 to 1971.

On 1970 it has also been determined the same plot for instantaneous values. It coincides with the plot of hourly mean values for the same year. It is also interesting to notice that if we take all rain showers ploting their lengths at their path-average rain rate, against the path average rain rate we obtain the same curve. Besides, the curve of fig. 11 is also valid either for instantaneous values or for hourly mean values. This coincidence of the results of hourly mean values and instantaneous values for both the figures 10 and 11, means that a rain storm grows and disapears aproximately with the same shape.

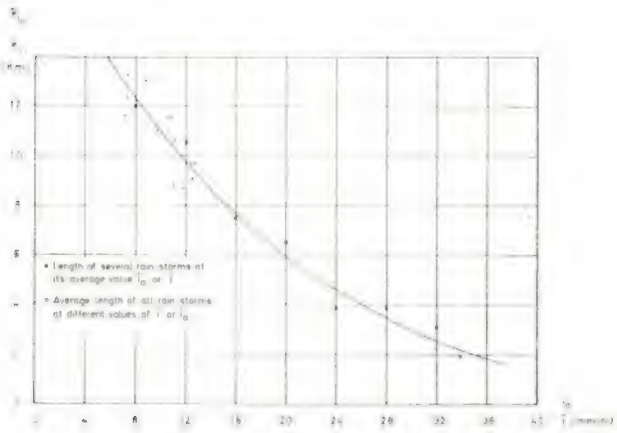


Fig. 11 — Average length of rain stornis

On fig. 12 we plot the results proposed by Hogg [4] and Quarta [6] for the expression (1).

The experimental results we obtained agree with the relation (5) for rain rates up to about 60 mm/h (hourly mean value). As we have never measured hourly mean values above 60 mm/h, we can say that the pro-

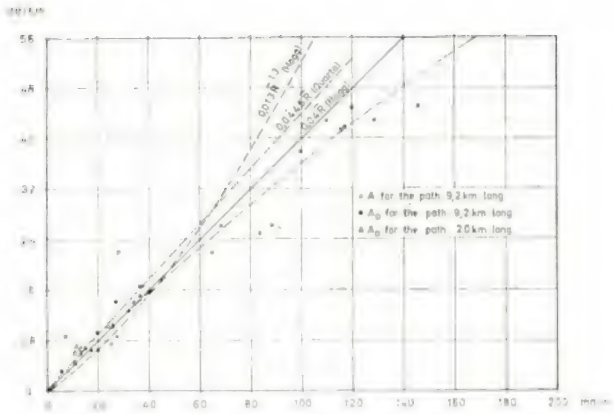


Fig. 12 — Correlation between specific attenuation and rain rate

posed relation is acceptable when dealing with hourly mean values. However, when analysing instantaneous plots we have concluded that such agreement is no longer true.

In fact we can see from fig. 12 that above about 60 mm/h (2) and (5) are no longer coincident. On the other hand we have obtained lower attenuations than those given by any of the proposed relations, as we show on fig. 12.

As we have seen, relation (1) has been deduced assuming that the distance between two neighbour rain drops is at least five times its diameter. For very high rain rates this assumption is most probably not acceptable as the size and number of drops increases. Then, it is possible that part of the energy scattered by one drop, will be scattered by another drop, so reaching the receiver part of the energy which would be lost. This effect would cause attenuation to decrease, which could explain the difference between the curves shown on fig 12.

From the experimental results obtained we may assume that the hipothesys of rain drops spaced at least five times its diameter is quite acceptable for $i = 150$ mm/h. 150 mm/h is also the maximum value of rain rate given by the distribution of Laws and Parsons (see table I).

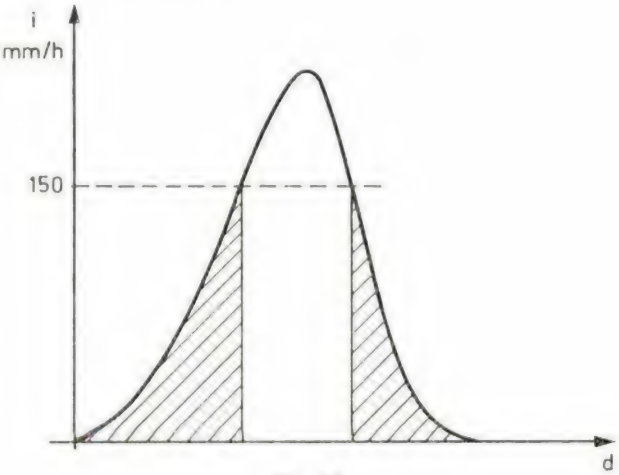


Fig. 13

Then, considering a rain storm with a peak higher than 150 mm/h as shown on fig. 13, we shall use (5) for the dashed area but we have to deduce the coefficients to be used when $i > 150$ mm/h. If A_1 is the total instantaneous attenuation, it is then possible to determine A_t, corresponding to the part of the path where $i > 150$ mm/h (dl + d2), by using (5). Then, $A_2 = A_t - A_1$ is the attenuation due to the rain falling on d2.

On fig 15 we show the hourly mean attenuation calculated from fig. 14 by using expressions 12 and 13.

Fig. 15 gives the average distribution already described and shown on fig. 3, obtained with the date of all years from 1964 to 1971.

So we have defined all the values we reed in order to use the method proposed for the evaluation of the distribution of instantaneous attenuation.

TABLE IV

Day	Hour	A_1 (dB)	A_t (dB)	$A_2 = A_t - A_1$ (dB)	$\alpha_p/R\ [i_{max} > 150]$ (dB/km per mm/h)
17 June	19,35	17,3	33	16,7	0,032
	19,36	8,2	41	32,8	0,029
	19,38	23,5	38	14,5	0,0304
15 August	10,03	10,8	22	11,2	0,031
	10,06	28,7	40	11,3	0,038
	10,07	26,8	41	14,2	0,033
	10,09	15,6	38	22,4	0,033
	10,10	27,2	36	8,8	0,0305

Evaluating the average rain rate on d_2, R_2, we may calculate

$$\alpha_2 = \frac{A_t - A_1}{R_2\ d_2}$$

The results so obtained for α_2 are shown on table IV, from which we may conclude that they are always below 0.04 and about 0.03.

These results are very roughly determined as we only had available a reduced number of data. Besides, as the measuring equipment has been designed to measure a maximum of $i = 240$ mm/h it is possible that experimental errors arise when measuring very high rain rates.

On fig. 14 we show the hourly mean rate distribution measured over all the network and for all the years from 1964 to 1971. This curve may be considered an average curve of the Milan area, and so the usualy available meteorological datum.

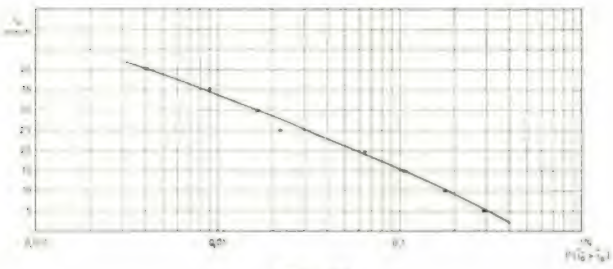


Fig. 14

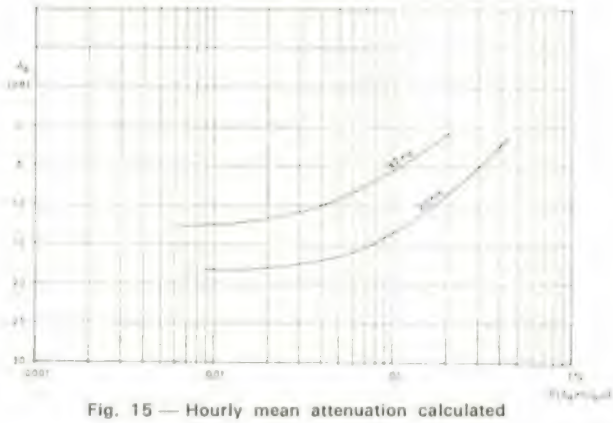


Fig. 15 — Hourly mean attenuation calculated

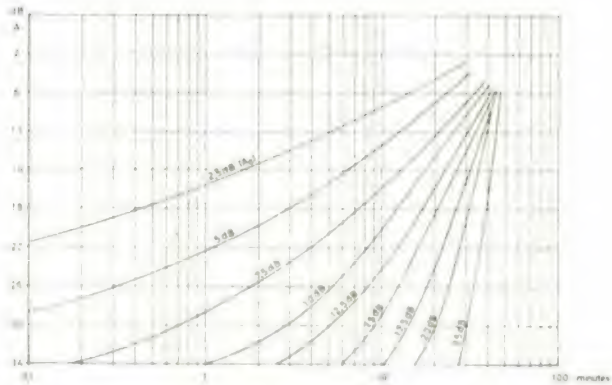


Fig. 15 — Average distribution of attenuation on fadings with different hourly mean attenuations AO

6. *Evaluation of the statistical distribution of instantaneous attenuation using the method described in 4.*

In order to make easier to the reader the analysis of the evaluation, we give it under the form of a table, as follows:

Parameters and functions	Path 20 Km long	Path 9.2 Km long
c	0.52	0.8
$\overline{e}_i$	Fig. 10	idem
α	0.04dB/km	idem
$P\ (i_o > i)$	Fig. 14	idem
$P\ (\overline{A} > Ci\ \alpha)$	fig. 15 obtained by applying (12) and (13) to fig. 14	idem
$P\ (A'_o > A)$	Fig. 16	idem
$P\ (A_o < A < A_o + \Delta A_o)$	From Fig. 15	idem
$P\ (A' > A)$	Fig. 17 and 18 obtained by applying relation (14) to fig. 15 and 16	idem

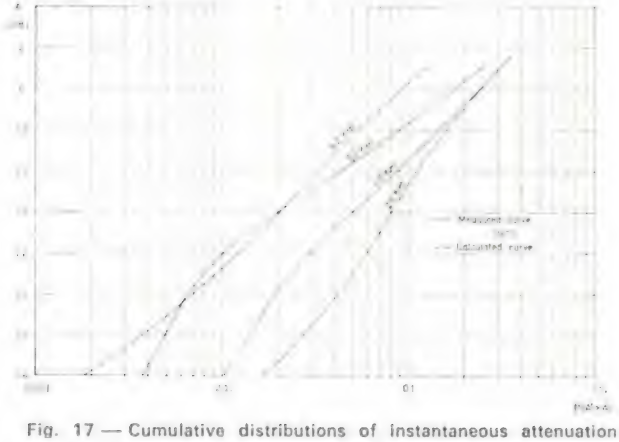


Fig. 17 — Cumulative distributions of instantaneous attenuation

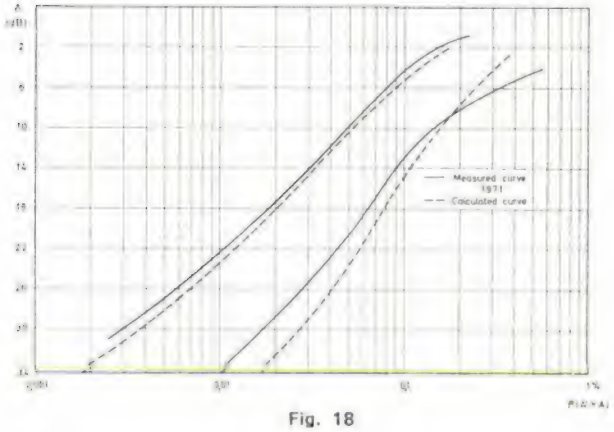


Fig. 18

On fig. 17 and 18 we compare the results obtained by evaluation with experimental ones, for 1970 and 1971. In both paths there is a slight difference between measured and evaluated curves, which may be due to an error made on the assumptions of the shape of rain showers. As a matter of fact the difference between both curves seems to follow a similar law.

7. *Conclusions*

a) Comparing attenuation with rain rate measured on both paths, it seems that relation (2) is acceptable for low rain rates. On the other hand (5) gives better results than (2) if used only for rain rates up to 60 mm/h (hourly mean value). For higher rain rates (5) seems to be no longer acceptable. As we have never measured hourly mean values above 60 mm/h, we can say that (5) is quite a good relation for hourly mean values. When studying instantaneous values, as they correspond to higher rain rates it is possible that we find lower attenuations than those given by (5).

e) The method proposed by P. Quarta seems to give quite good results, although there is a slight difference between measured and calculated values.

c) For both paths, attenuations above 40 dB have been measured on 1970. For the path 9.2 km long there have been two events with attenuations above 40 dB during a total time of 8 minutes. For the path 20 km long there have been three events with attenuations above 40 dB during a total time of 21 minutes. On 1971 we have never measured attenuations above 40 dB, but we must consider that it has been a dry year.

AKNOWLEDGEMENTS

The author wants to thank the SGTE and the Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica who allowed him to carry out the works here before described. He also wants to thank the Director of the Research Laboratory F. Vecchiacchi of the SGTE, Prof. P. Quarta as well as Mr G. Griffini for the helphul cooperation they have given.

BIBLIOGRAPHY

[1] — R. MEDHURST — Rainfall Attenuation of Centimeter Waves: Comparison of theory and Measurements IEEE Transactions on antenas and propagation July 1965.

[2] — J. N. RYDE and D. RYDE — Attenuation of centimeter waves by rain, hail, clouds Rep 8516 G. E. C. Research Labs. Wembley — England Aug. 1944.

[3] — J. N. RYDE — Echo intensity and attenuation due to clouds, rain, hail, sand and dust storms at centimeter waves Rep 7831 G. E. C. Research Labs. Wembley — England 1941.

[4] — D. C. HOGG — Statistics on attenuation of microwaves by intense rainfall — BSTJ — Nov 1969 pp 2942 - 2962.

[5] — T. OGUCHI — Attenuation of electromagnetic waves due to rain with distorted rain drops — J. Radio Research Labs. (Tokyo) vol 7 Sept 1960 pp 467 - 485.

[6] — P. QUARTA — Results from propagation tests at 11 and 18 GHz on the path between Montevecchia and Cassina de Pecchi — Alta Frequenza n.° 5 vol XXXVI, 1967.

[7] — MRS. FREENEY AND GABBE — A Statistical description of intense rain fall BSTJ — July-August 1960 pp 1789 - 1851.

[8] — G. B. STRACCA — Propagation tests at 11 GHz on two paths of different length — Alta Frequenza, vol XXXVII, n.° 5 1969.

[9] — P. QUARTA; G. P. GRIFFINI; J. SARAIVA MENDES — Misure di attenuazione a 11 GHz sui percorsi — Montevecchia — Cassina de Pecchi e Vimercate — Cassina de Pecchi — XVIII Congresso Internazionale per l'Electtronica Roma 1971.

FEIRAS, CONFERÊNCIAS, EXPOSIÇÕES E CURSOS NO MUNDO

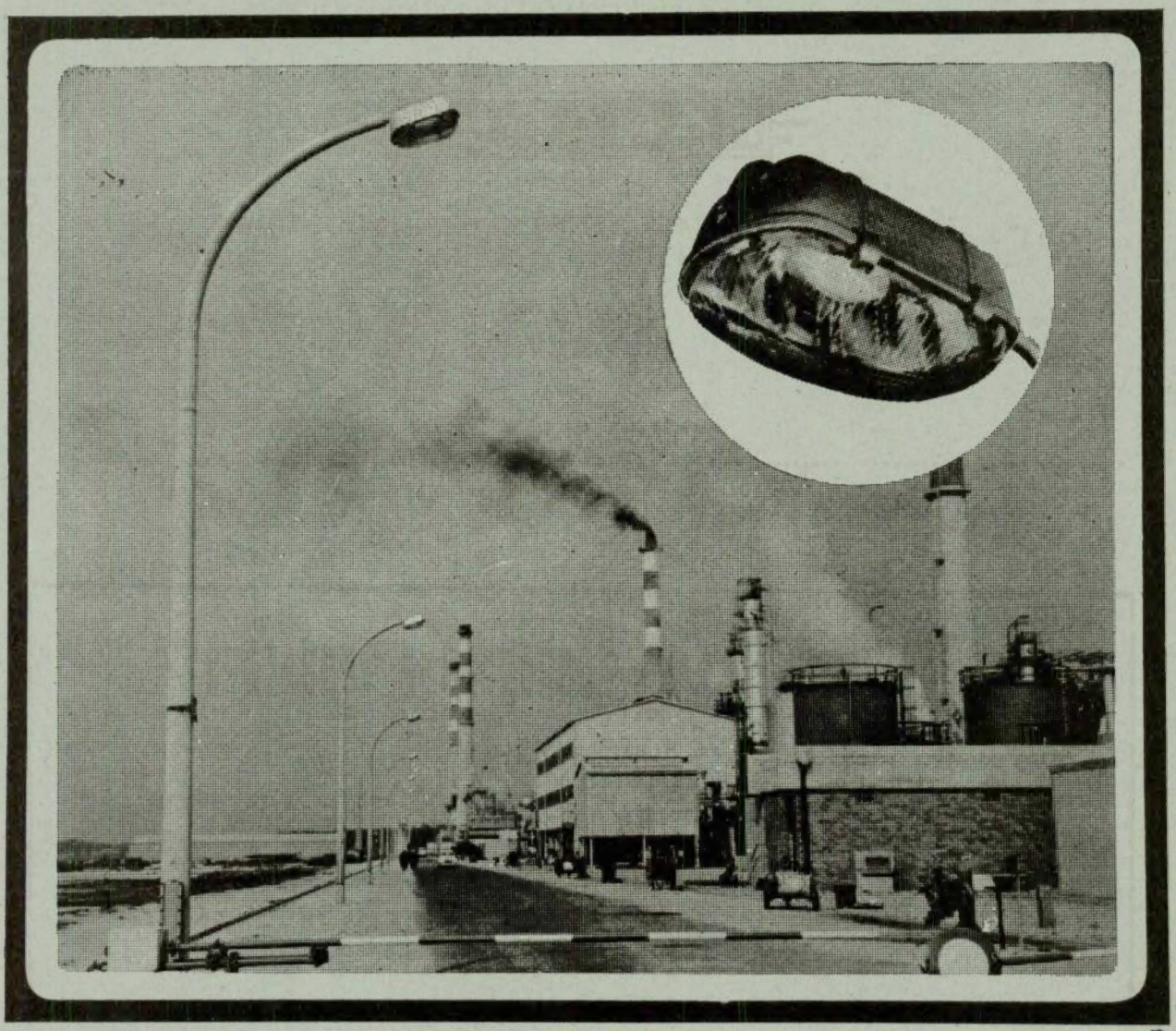
OBJECTIVO E PROGRAMA	LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO INFORMAÇÕES
FILGRÁFICA	Lisboa, 7 - 15 Abril - 73 FIL
55.° Feira Internacional de Lyon Exposições: Bienal da Máquina para Madeira, Deltamat, Exposições de Material de Construção e Trabalhos Públicos	Lyon, 7-16 Abril-73
Feira Suíça de amostras	Basileia, 7 - 17 Abril - 73
Propagation of radio waves at frequencies abouve 10 GHz	London, 10 - 13 Abril - 73 IEE Savoy Place London. WC2R OBL Inglaterra
Humgaroplast' 73 — Exposição Internacional de Plásticos	Budapeste 11 - 16/4/73
Simpósio sobre resinas e betão	Londres, 17 - 18/4/73
Congresso Int. sobre o emprego dos computadores electrónicos em Química Industrial	Paris, 24 - 28 Abril - 72 Soc. de Chimie Industrielle 8°, Route de Saint-Cloude, 92, Rueil--Malmaison, França
Feira de Hannover	Hannover, 26 Abril — 4 Maio - 73 Cam. de Com. Luso Alemã
Simpósio sobre materiais termoendurecíveis reforçados	Londres 27 - 4/7 - 5
II Congresso Internacional de Redes Eléctricas de Distribuição (C. I. R. E. D.)	Londres 7 - 10 Maio de 1973
INTERPARCK/73 Salão Internacional de todos os materiais de embalagem	Düsseldorf, 10 - 16 Maio - 73 Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã Av. Elias Garcia, 123-4.° Telef. 77 81 68 Lisboa-1
FAB 73 — Exposição especializada de material para estabelecimentos hospitalares e similares	Hannover, 22 - 25 Maio - 73 CCILA

Publicidade com critério.

Anuncie na

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

ARMADURA DE ILUMINAÇÃO TIPO HM



MIRA 138

CONSTRUÇÕES ELECTRICAS

SCHRÉDER

P. JOSÉ FONTANA, 25 · TELEFONE 561001 · LISBOA

FILTROS TECIDOS

PARA GAZES E LÍQUIDOS
EM PEÇAS, PANOS, MANGAS OU SACOS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEFS.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
Tr. do Guarda Mór, 13-r/c
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
R. Francisco Newton, 389/393
C.P. 2178 - Tel. 81 89 7

MOÇAMBIQUE
L. Marques - C.P. 982 - Tel. 74 11 21
Beira - C.P. 1002 - Tel. 7 14 97

C. D. U. 532.544

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF CO-AXIAL JETS

D. F. G. DURÃO
N. E. E. M. — D. T. A.
Instituto Superior Técnico

RESUMO

Apresentam-se medidas da média e flutuações de velocidade assim como das flutuações do sinal eléctrico do fio quente. Elas são uma investigação preliminar do escoamento para confirmar a possibilidade de ser usado em medições detalhadas dos parametros da turbulência. A concentricidade do escoamento é confirmada e tem um perfil de velocidade média totalmente desenvolvido a 30 diâmetros.

ABSTRACT

Measurements of mean and rms velocity and rms electrical signal from a hot-wire are reported. These measurements represent the preliminary flow investigation necessary to confirm that the flow is suitable for detailed turbulence measurements. The concentricity of the flow is confirmed and the flow is, as a result of the fully developed initial profile, show to have a fully developed mean velocity profile at 30 diameters from the jet exit.

1. *INTRODUCTION*

The purpose of the present report is to present measurements effected in the flow downstream of a co-axial pipe arrangement similar to that found in the burners of industrial furnaces. The measurements represent the preliminary flow investigation necessary to confirm that the flow is suitable for the detailed turbulence measurements which represent a major purpose of the experimental programme. Thus, the present measurements are concerned with demonstrating that the flow leaving the co-axial geometry conforms to fully-developed annulus and pipe turbulent flows and that the present measurements are in agrement with those of previous workers who have measured in similar situations. In addition, it is essential that the flow leaving the annulus and the pipe is symmetrical and remains symetrical in the downstream region, i. e. up to 70 diameters from the jet exit.

The overall purpose of the experimental programme is to provide information required to specify a suitable turbulenco model for a co-axial jet flow and more specifically to make measurements with a pitot tube, hot wire and laser anemometers to provide profiles of time-mean velocity, fluctuating components of velocity and Reynolds shear stress in order to aid the specification of the turbulence model.

The fully-developed flow at the exit from the pipe and annulus is in contrast to the undeveloped flow used for a related investigation of Wygnansky and Champagne [3]. It has been chosen because it will lead to a self-preserving flow more rapidly than that implied by Wygnanski and Champagne and because it allows experimental techniques to be tested in fully-developed turbulent flows where the results are already known to be of reasonably high precision. In addition, the present project is related to a NATO grant held jointly by the Instituto Superior Técnico and Imperial College and has the specific purpose of investigating the aerodynamics of flames; the present configuration leads to a flow pattern which closely resembles that downstream of a range of pratical burners.

The succeeding section describes the co-axial jet apparatus and the instrumentation used for the present preliminary measurements. The results are presented in the subsequent section and followed by some concluding remarks.

2. *EQUIPMENT*

2.1 *Co-axial jet apparatus*

A layout diagram of the present co-axial jet apparatus is shown on figure 1. The dimensions of the inner pipe are 16,13 mm inside diameter and 21,59 mm outside diameter; the dimensions of the outer pipe are 44,60 mm inside diameter and 50,44 mm outside diameter. In order to achieve fully-developed flow, the inner pipe has a lenght of 2,83 m and the outer pipe of 2,00 m.

The outer cylinder of the annulus is in two parts. The upstream section is screwed into the two blocks shown in figure 1; The upstream block is secured to the front plate of the plenum chamber and the downstream block to a suporting table. The inner diameter of the two blocks is machined to conform to the inner diameter of the outer tube. The downstream section of the outer cylinder is screwed into the second block in the same manner. The inner cylinder, which is in one piece, can be adjusted with respect to the outer cylinder with the aid of three airfoil sections located 120° apart and at sections 8 and 9 as shown on the figure.

1 — wood boxes
2 — inner pipe
3 — upstream part of outer pipe
4 — downstream part of outer pipe
5 — wood screen
6 — inlet of outer jet
7 — inlet of inner jet
8 — upstream support of inner pipe
9 — downstream support of inner pipe
10 — adjustable bolt
11 — exit of the flow
12 — adjustable support

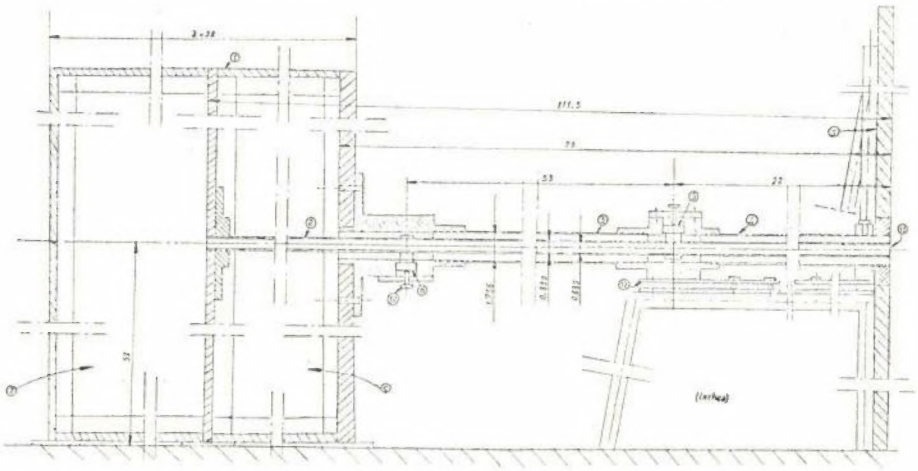


Fig. 1 — Layout of apparatus

The airfoil sections were designed after preliminary measurement to determine the shape which minimised the downstream disturbance. The width of the upstream and downstream supports was of 3,05 mm and 1,35 mm; the distance from them to the end of the pipes was respectively 1905 mm and 562 mm.

The alignement of one cylinder with respect to the other was carried out with the aid of carefully machined plug gauges. The upstream section of the outer cylinder was aligned, with respect to the inner cylinder using these gauges. The downstream section of the outer cylinder was then screwed into the block and the downstream supports adjusted to provide a concentric annulus at the exit. The dimensions of the downstream annulus were measured with an internal micrometer and electric contacting arrangement and resulted in a concentricity of better than 0,5%. The fans which separately provide air to the pipe and annulus are capable of producing exit velocities of 50 metres por second and 30 metres second respectively. In the plane of the pipe exit, a 2,6×2,6 m^2 section of hardboard ensures that the streamline pattern conforms to a particular, repeatable pattern. A lathe bed, downstream of the jet exit allows instrumentation to be traversed in the longitudinal and cross flow direction. A cathatometer, mounted on the lathe bed alows adjustement of instrumentation in the vertical direction.

2.2 *Instrumentation*

The measurements described here were effected with a pitot tube and with a hot wire anemometer. The dimensions of the pitot tube were 0,83 mm outer diameter and 0,50 mm inner diameter and the hot wire was 1,20 mm long by 5 μm in diameter (DISA 55A22).

The pitot tube was connected to a pressure transducer (MDC Furness Controls LDA Micromanometer) and the signal from the transducer was passed to a true integrator (DISA 52B30). Integration times varied from 20 to 500 seconds; the longer times being used close to the jet edge. The hot wire measurements were made with the aid of a DISA 555A01 anemometer, a DISA RMS meter 55D35, a DISA linearizer 55D10, DISA True intregrator 52B30 Solartron digital voltmeter (LM 1420,2), and a Solartron time domain analyser JM1860.

3. *RESULTS AND THEIR IMPLICATIONS*

3.1 *Fully-developed pipe flow*

Measurements were made at 5 mm upstream of the pipe exit for two Reynolds numbers and are shown on figures 2 to 7. Figure 2 shows the mean velocity profiles and compares them with the results of Comte Bellot [5] and Laufer [11]. Figure 3 reviews various measurements of the ratio of mean to maximum velocity as a function of Reynolds number and demonstrates that the present measurements, which lie at the lower Reynolds number end of the diagram, are in good agreement with the trend of the solid line that represents a semi theoretical line given by lawn [12]. Figure 4 shows the pipe velocity profiles on a Clauser chart; it is shown the different behaviour of the hot-wire and pitot measurements in the buffer region, in particular the small hill in the curve corresponding to pitot tube readings. In the same figure the effect of MacMillan's correction [14] is shown and it seems to improve the pitot tube results. Figure 5 present measurements on a diagram of shear stress coefficient against Reynold number and compares with recent measurements of other